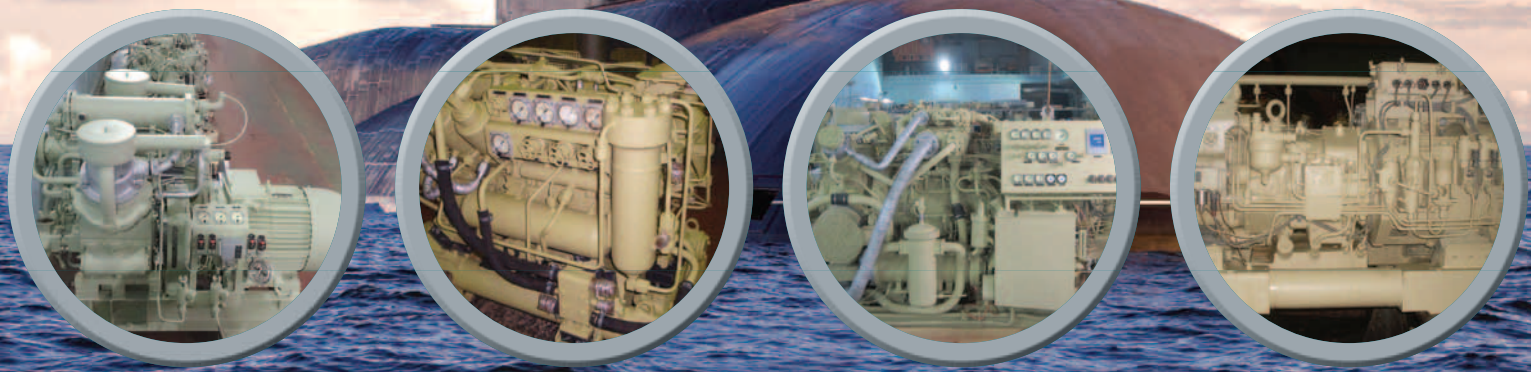
Морской Вестник

№2(62)
июнь
2017
ISSN 1812-3694

Morskoy Vestnik

АО «КОМПРЕССОР»



140 лет на службе России

194044, г.Санкт-Петербург, Б.Сампсониевский пр., д.64
www.compressor.spb.ru

ЗАКЛАДКА ПАТРУЛЬНОГО КОРАБЛЯ ЛЕДОВОГО КЛАССА В АО «АДМИРАЛТЕЙСКИЕ ВЕРФИ»

АО «Адмиралтейские верфи»,
контакт. тел. (812) 495 2544

19 апреля 2017 г. в АО «Адмиралтейские верфи» (входит в Объединенную судостроительную корпорацию) состоялась закладка многофункционального патрульного корабля ледового класса «Иван Папанин».

В торжественном мероприятии приняли участие главнокомандующий ВМФ РФ адмирал Владимир Королёв, заместитель генерального директора АО «Адмиралтейские верфи» Андрей Быстров.

«Сегодня мы присутствуем при знаменательном событии – закладке новейшего патрульного корабля ледового класса, – обратился к участникам торжественной церемонии заместитель генерального директора АО «Адмиралтейские верфи» Андрей Быстров. – «Адмиралтейские верфи» всегда были площадкой для строительства высокотехнологичных наукоемких кораблей нового типа, и сегодняшняя закладка – наглядное продолжение этой традиции. И у нас нет сомнений, что новый корабль «Иван Папанин» будет построен в контрактные сроки и с высоким качеством».

Важным событием в истории военно-морского флота и военного кораблестроения назвал закладку нового ледокола адмирал Владимир Королёв: «Это уникальный, многофункциональный корабль, который очень необходим флоту. В этом году исполняется ровно 80 лет организации первой дрейфующей станции «Северный полюс», и строительство нового патрульного корабля ледового класса, без сомнения, станет новым этапом в этом направлении. И мы уверены, что корабелы прославленных «Адмиралтейских верфей» в очередной раз успешно решат все поставленные задачи».

Универсальный патрульный корабль ледового класса «Иван Папанин» проекта 23350, спроектированный АО «ЦМКБ «Алмаз», объединит функционал буксира, патрульного корабля и ледокола, способного преодолевать лед толщиной до 1,5 м. Ледокол относится к перспективным разработкам в интересах ВМФ.

Контракт на строительство серии из двух патрульных ледоколов подписан 25 апреля 2016 г., строительство головного корабля началось в сентябре 2016 г. Головной патрульный корабль ледового класса «Иван Папанин» будет передан в состав ВМФ РФ после 2020 г.

Корабль предназначен для охраны и мониторинга арктических водных ресурсов; конвоирования и буксировки в порт задержанных судов; сопровождения и поддержки судов обеспечения; участия в спасательных операциях; перевозки специальных грузов; для самостоятельного нанесения артиллерийских ударов по морским, береговым и воздушным целям. Новое многофункциональное судно способно эффективно выполнять задачи в арктической зоне как самостоятельно, так и в составе группировок (отрядов) боевых кораблей, а также осуществлять эскортные функции на арктических коммуникациях.

Основные тактико-технические характеристики: водоизмещение – около 8500 т; длина – около 110 м; ширина – около 20 м, осадка – около 6,0 м; скорость – около 16 уз; экипаж/дополнительный экипаж – около 60/50 человек; автономность плавания около 60 сут.; район плавания – неограниченный.

Вооружение: автоматическая артиллерийская установка АК-176МА, зенитно-ракетные комплексы самообороны, крупнокалиберные пулеметы; имеется вертолетная площадка с ангаром для базирования вертолета тяжелого класса и беспилотных летательных аппаратов. Корабль несет скоростные катера, в том числе – на воздушной подушке. ■

Морской Вестник

Morskoy Vestnik

№2(62)
июнь
2017

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Редакционный совет
Председатель
А.Л. Рахманов, президент
АО «Объединенная судостроительная корпорация»
Сопредседатели:
В.Л. Александров, президент
Международного и Российского НТО
судостроителей им. акад. А.Н. Крылова
Г.А. Туричин, и.о. ректора СПбГМТУ
Члены совета:
М.А.Александров, директор
ЗАО «ЦНИИ СМ»
А.С. Бузаков, генеральный директор
АО «Адмиралтейские верфи»
Н.М.Вихров, генеральный директор
ЗАО «Канонерский судоремонтный завод»
В.Ю. Дорофеев, генеральный директор
АО «СПМБМ "Малахит"»
В.В. Дударенко, председатель совета директоров
ООО «Судпромкомплект»
Г.В. Егоров, генеральный директор
ООО «Морское инженерное бюро-СПб»
А.Ф. Зеньков, генеральный директор АО «ГНИНГИ»
М.А. Иванов, генеральный директор
ОАО «Системы управления и приборы»
В.Н. Илюхин, председатель НО «АРПСТТ»
А.Э. Исаакян, генеральный директор
ООО «Группа «Кронштадт»
Э.А. Конов, директор ООО «Издательство "Мор Вест"»
А.А. Копанев, генеральный директор
АО «НПФ "Меридиан"»
Г.А. Коржавин, генеральный директор
АО «Концерн "Гранит-Электрон"»
А.В. Кузнецов, генеральный директор АО «Армалит»
Л.Г. Кузнецов, председатель совета директоров
АО «Компрессор»
Г.Н. Муру, исполнительный директор АО «51 ЦКТИС»
Н.В. Орлов, председатель
Санкт-Петербургского Морского Собрания
К.А. Смирнов, генеральный директор АО «МНС»
А.С. Соловьев, генеральный директор
ПАО «Выборгский судостроительный завод»
В.И. Спиридопуло, генеральный директор
АО «Северное ПКБ»
С.Б. Сухов, генеральный директор
ООО «Пумори-северо-запад»
И.С. Суховинский, директор ООО «ВИНЕТА»
В.С. Татарский, генеральный директор АО «ЭРА»
А.Н. Тихомиров, генеральный директор
ЗАО «Транстех Нева Эксибишнс»
Р.А. Урусов, генеральный директор
АО «Новая ЭРА»
С.Г. Филимонов, генеральный директор
ЗАО «Концерн "Морфлот"»
В.В. Ханычев, генеральный директор
АО «ЦНИИ "Курс"»
Г.Р. Цатуров, генеральный директор
ОАО «Пелла»
В.В. Шаталов, генеральный директор
ОАО «КБ "Вымпел"»
К.Ю. Шилов, генеральный директор
АО «Концерн "НПО "Аврора"»
А.В. Шляхтенко, генеральный директор–
генеральный конструктор АО «ЦМКБ "Алмаз"»
И.В. Щербаков, генеральный директор
ООО «ПКБ "Петробалт"»

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУКЦИЯ СУДОВ

Закладка патрульного корабля ледового класса в АО «Адмиралтейские верфи» 1

Б.А. Лейкис, Н.Н. Комаров, Д.Ю. Литинский. *Пограничный сторожевой корабль 1-го ранга проекта 22100 «Океан»* 7

Е.А. Песков. *Универсальное аварийно-спасательное судно для ВМФ* 13

Г.В. Егоров, И.А. Ильницкий. *Обоснование параметров нового железнодорожно-автомобильно-пассажирского парома для линии Ванино–Холмск. Часть 2* 15

А.С. Гузеев, А.И. Короткин, Е.А. Морозова (Бусоргина), Т.И. Сайфуллин. *Управление отрывом потока с помощью уступа на обтекаемой поверхности* ... 20

ТЕХНОЛОГИЯ СУДОСТРОЕНИЯ, СУДОРЕМОНТА И ОРГАНИЗАЦИЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

И.Л. Вайсман. *Только прямое действие. Необходимо прекратить практику включения в федеральные законы многочисленных отсылочных норм* 25

А.С. Соловьев. *Импортозамещение и локализация производства судового оборудования в гражданском судостроении* 26

Н.М. Вихров, В.П. Лянзберг. *Некоторые общие подходы к проектированию иллюминаторов высокого давления* 31

С.Г.Филимонов. *Ошибки в организации системы контроля качества малярного производства на судостроительных предприятиях* 33

А.В. Иванкович. *Отраслевое управление. Прошлое, настоящее и будущее* 36

В. И. Дорофеев, В. Н. Кляхин, А. Б. Фомичев. *Методы обоснования направлений модернизации судосборочного цеха судостроительного предприятия на базе имитационного моделирования* 40

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ

Л.Г. Кузнецов. *АО «Компрессор» – 140 лет на службе России* 44

М. А. Александров, А.Г. Богданов. *«ЦНИИ СМ»: состояние и перспективы развития судового машиностроения* 49

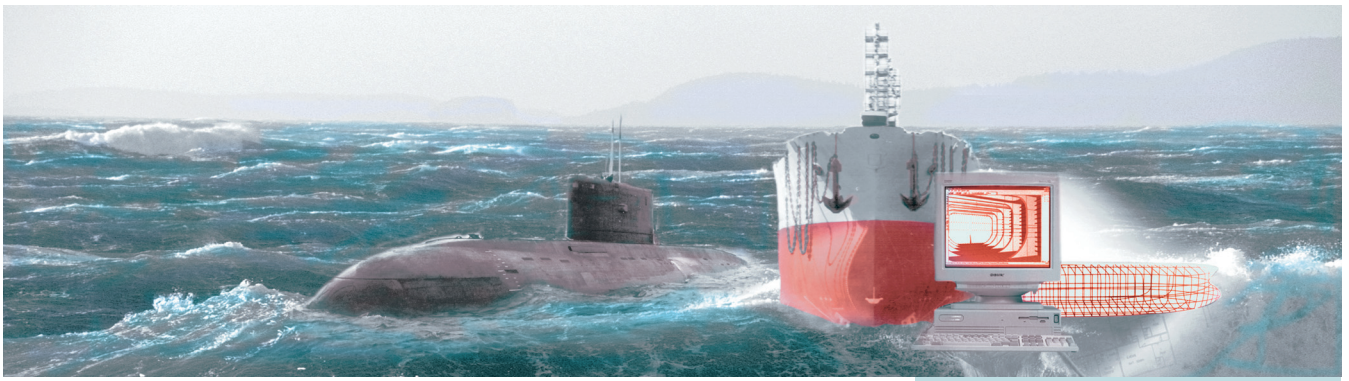
С.М. Дудин, А.Ю. Мазуренко. *Оценка возможности пропорционального управления корабельным гидроприводом* 53

П.Ю. Петров, Л.В. Медовников. *Оборудование для предотвращения загрязнения вод Мирового океана* 57

К 50-летию И.С. Суховинского 59

П.А. Лебедева. *История развития машиностроительного предприятия АО «Армалит»* 60

Г.Н. Цицикян, Ю.Д. Баранов. *Влияние способа заземления нейтрали на ток замыкания в судовой ЭЭС* 64



А.Г. Сотников, В.А. Люцков, А.В. Соколов, В.А. Храпковский. *Распределение мощности источников питания при параллельной работе на общую нагрузку* 66

Е.А. Тихомирова. *Проблемы термической усталости и особенности развития разрушения при термоциклических испытаниях материалов* 71

А.М. Вишневский, Б.Н. Городецкий, А.И. Горшков, Е.А. Свядощ. *Научно-техническое сопровождение работ при реализации технологии защиты морских объектов от мощных электромагнитных воздействий* 75

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

Г.А. Коржавин, Ю.Ф. Подоплёкин. *Электронный полигон и его роль в исследовании эффективности целераспределения залпа противокорабельных ракет* 79

Р.В. Брезгин, В.В. Кобзев. *Управление разработкой конструкторской документации на этапе проектирования изделия в составе жизненного цикла* 83

Е.Л. Гайдук. *Автоматическая система обмена данными: новые технологии для е-Навигации* 91

П.В. Голубев. *Интегрированные мостиковые системы: использование численного метода оптимального распределения ресурсов* 97

К.А. Смирнов, В.Г. Дзюба, П.Г. Федоров, О.Н. Арбузов. *Разработка нового облика интегрированной мостиковой системы* 101

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА, СУДОВОЖДЕНИЕ

А.Ф. Зеньков. *Реализация научного и производственного потенциала АО «ГНИНГИ» на современном этапе развития при решении задач навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности* 107

Е.М. Грамузов, Б.П. Ионов, Н.Е. Тихонова. *Учет снега при определении приведенной толщины ледяного покрова* 112

А.Е. Козярук, Б.Ю. Васильев, А.И. Ивановский. *Анализ развития технических средств освоения нефтегазовых месторождений* 115

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА

В.Е. Юхнин. *Проект 58: из эскадренного миноносца в ракетный крейсер* 121

М.И. Лобанова, М.И. Роскостов, Е.А. Никитин. *Кронштадтский военно-морской госпиталь: 300 лет со дня основания* 125

В АССОЦИАЦИИ СУДОСТРОИТЕЛЕЙ

К 80-летию А.А. Юрчака 127

Главный редактор
Э.А. Конов, канд. техн. наук
Зам. главного редактора
Д.С. Глухов
Тел./факс: (812) 6004586
Факс: (812) 5711545
E-mail: morvest@gmail. com
www. morvest. ru
Редакционная коллегия
Е.А. Горин, д-р эконом. наук
Е.В. Игошин, канд. техн. наук
Б.П. Ионов, д-р техн. наук, проф.
Д.В. Казунин, д-р техн. наук
Р.Н. Караев, канд. техн. наук
Ю.Н. Кормилицин, д-р техн. наук, проф.
А.И. Короткин, д-р техн. наук, проф.
С.И. Логачёв, д-р техн. наук, проф.
П.И. Малеев, д-р техн. наук
Ю.И.Нечаев, д-р техн. наук, проф.
Ю.Ф.Подоплёкин, д-р техн. наук, проф., акад. РАРАН
В.Н. Половинкин, д-р техн. наук, проф.
Л.А. Промыслов, канд. техн. наук
Ю.Д. Пряхин, д-р истор. наук, проф.
А.В. Пустошный, чл.-корр. РАН
А.А. Родионов, д-р техн. наук, проф.
К.В. Рождественский, д-р техн. наук, проф.
А.А. Русецкий, д-р техн. наук, проф.
В.И. Черненко, д-р техн. наук, проф.
Н.П. Шаманов, д-р техн. наук, проф.
Редакция
Тел./факс: (812) 6004586
E-mail: morvest@gmail. com
Редактор
Т.И. Ильичёва
Дизайн, верстка
С.А. Кириллов, В.Л. Колпакова
Адрес редакции
190000, Санкт-Петербург,
наб. реки Мойки, 84, пом. 13Н
Журнал зарегистрирован Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации ПИ № 77-12047 от 11 марта 2002 г.
Учредитель-издатель
ООО «Издательство "Мор Вест"»,
190000, Санкт-Петербург,
наб. реки Мойки, 84, пом. 13Н
Электронная версия журнала
размещена на сайте ООО «Научная электронная библиотека» www. elibrary. ru и включена в Российский индекс научного цитирования
Решением Президиума ВАК журнал «Морской вестник» включен в перечень ведущих научных журналов и изданий, выпускаемых в РФ, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук. www.perechen.vak2.ed.gov.ru
Подписка на журнал «Морской вестник»
(индекс 36093) может быть оформлена по каталогу Агентства «Роспечать» или непосредственно в редакции журнала через издательство «Мор Вест»
Отпечатано в типографии «Премиум-пресс»
Тираж 1000 экз. Заказ № 1019
Ответственность за содержание информационных и рекламных материалов, а также за использование сведений, не подлежащих публикации в открытой печати, несут авторы и рекламодатели. Перепечатка допускается только с разрешения редакции

Морской Вестник

№2(62)
June
2017

Morskoy Vestnik

SCIENTIFIC, ENGINEERING, INFORMATION AND ANALYTIC MAGAZINE

Editorial Council
Chairman
A.L. Rakhmanov, President of JSC United Shipbuilding Corporation
Co-chairman:
V.L. Alexandrov, President of the International and Russian Scientific and Technical Association of Shipbuilders named after Acad. A.N. Krylov
G.A. Turichin, Acting rector SPbSMTU
Council Members:
M.A. Alexandrov, Director JSC CRIME
A.S. Buzakov, General Director JSC Admiralty Shipyards
V.Yu. Dorofeev, General Director JSC SPMBM Malachite
V.V. Dudarenko, Chairman of the Board of Director JSC Sudpromkomplekt
G.V. Egorov, General Director JSC Marine Engineering Bureau SPb
S.G. Filimonov, General Director JSC Concern Morflot
M.A. Ivanov, General Director JSC Control Systems and Instruments
V.N. Ilukhin, Chairman NO ASRTD
A.E. Isaakyan, General Director JSC Kronstadt Group
V.V. Khanychev, General Director JSC CSRI Kurs
E.A. Konov, Director JSC Publishing House Mor Vest
A.A. Kopanev, General Director JSC SPF Meridian
G.A. Korzhavin, General Director JSC Concern Granit-Elektron
A.V. Kuznetsov, General Director JSC Armalit
L.G. Kuznetsov, Chairman of the Board of Director JSC Compressor
G.N. Muru, Executive Director JSC 51 CDTISR
N.V. Orlov, Chairman St. Petersburg Marine Assembly
I.V. Scherbakov, General Director JSC PDB Petrobalt
V.V. Shatalov, General Director JSC DB Vympel
K.Yu. Shilov, General Director JSC Concern SPA Avrora
A.V. Shlyakhtenko, General Director – General Designer JSC CMDB Almaz
K.A. Smirnov, General Directors JSC MNS
A.S. Solov'yev, General Director PJSC Vyborg Shipyard
V.I. Spiridopulo, General Director JSC Severnoye Design Bureau
S.B. Sukhov, General Director JSC Pumori-north-west
I.S. Sukhovinsky, Director JSC VINETA
V.S. Tatarsky, General Director JSC ERA
A.N. Tikhomirov, General Director JSC Transtech Neva Exhibition
G.R. Tsaturov, General Director OJSC Pella
R.A. Urusov, General Director OJSC NE
N.M. Vikhrov, General Director JSC Kanonersky Shiprepairing Yard
A.F. Zen'kov, General Director JSC SRNHI

CONTENTS

SHIP DESIGN AND CONSTRUCTION

Laying an ice class patrol ship in JSC Admiralty Shipyards 1

B.A. Leikis, N.N. Komarov, D.Yu. Litinsky. *Border patrol ship of the first rank of project 22100 «Ocean»* 7

E.A. Peskov. *Universal salvage vessel for the Navy* 13

G.V. Egorov, I.A. Il'nitsky. *Substantination of rail-car and passenger ferry parameters for Vanino-Kholmsk shipping line. Part 2* 15

A.S. Guzeev, A.I. Korotkin, E.A. Morozova (Busorgina), T.I. Sayfullin. *Controlling the separation of the flow by means of a ledge on a streamlined surface* 20

TECHNOLOGY OF SHIPBUILDING, SHIP REPAIR AND ORGANIZATION OF SHIPBUILDING

I.L. Vaisman. *Only direct action. It is necessary to stop the practice of including in the federal laws numerous referential norms* 25

A.S. Solov'yov. *Import substitution and localization of production of ship equipment in civil shipbuilding* 26

N.M. Vikhrov, V.P. Lyanzberg. *Some common approaches to the design of high-pressure portholes* 31

S.G. Filimonov. *Errors in the organization of the quality control system of painting production at shipbuilding enterprises* 33

A.V. Ivankovich. *Branch management. The past, the present and the future* 36

V.I. Dorofeev, V.N. Klyakhin, A.B. Fomichev. *Methods of justifying the directions of modernization of the shipbuilding shop of the shipbuilding enterprise on the basis of simulation modeling* 40

SHIP POWER PLANTS AND THEIR ELEMENTS

L.G. Kuznetsov. *JSC Compressor – 140 years in the service of Russia* 44

M.A. Aleksandrov, A.G. Bogdanov. *CRIME: the state and prospects of shipbuilding industry development* 49

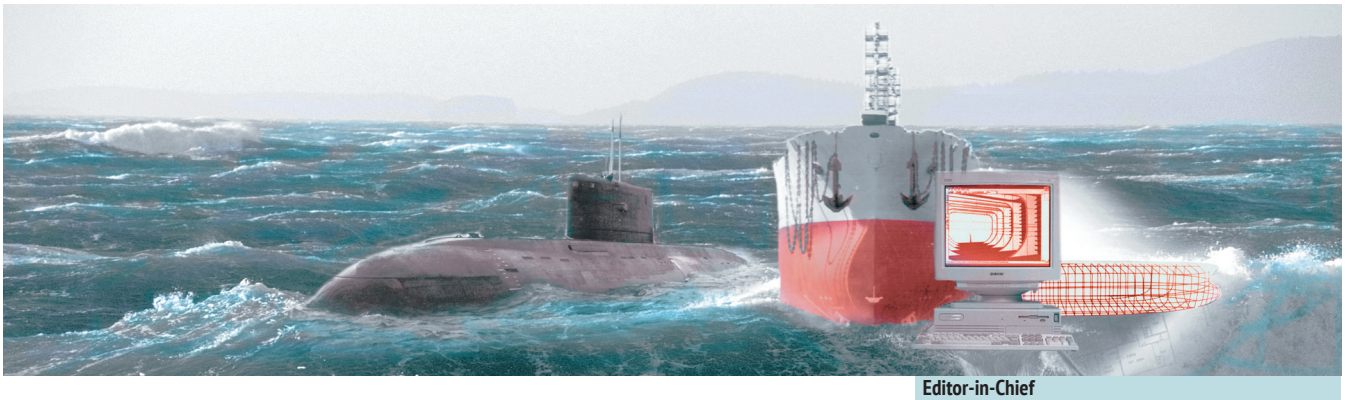
C.M. Dudin, A.Yu. Mazurenko. *Evaluation of the possibility of proportional control of the ship's hydraulic drive* 53

P.Yu. Petrov, L.V. Medovnikov. *Equipment to prevent pollution of the waters of the World Ocean* 57

For 50th anniversary of I.S. Sukhovinsky 59

P.A. Lebedeva. *History of the development of the machine-building enterprise of JSC «Armalit»* 60

G.N. Tsitsikyan, Yu.D. Baranov. *Influence of the method of grounding of the neutral on the closing current in the ship electric power system* 64



A.G. Sotnikov, V.A. Lyutskov, A.V. Sokolov, V.A. Khrapkovsky. *Power distribution of power sources in parallel operation for the total load* 66

E.A. Tikhomirova. *Problems of thermal fatigue and features of development of fracture in thermocycling tests of materials* 71

A.M. Vishnevsky, B.N. Gorodetsky, A.I. Gorshkov, E.A. Svyadoshch. *Scientific and technical support of works in the implementation of the technology of protection of marine objects from powerful electromagnetic influences* 75

INFORMATION-MEASURING AND MANAGEMENT SYSTEMS

G.A. Korzhavin, Yu.F. Podoplyokin. *Electronic polygon and its role in the study of the effectiveness of the target distribution of a salvo of anti-ship* 79

R.V. Brezgin, V.V. Kobzev. *Management of the development of design documentation at the stage of product design as part of the life cycle* 83

E.L. Haiduk. *Automatic data exchange system: new technologies for e-Navigation* .. 91

P.V. Golubev. *Integrated bridged systems: the use of a numerical method for the optimal allocation of resources* 97

K.A. Smirnov, V.G. Dzyuba, P.G. Fedorov, O.N. Arbuzov. *Development of a new appearance of an integrated bridge system* 101

OPERATION OF WATER TRANSPORT, SHIP NAVIGATION

A.F. Zen'kov. *Realization of scientific and production potential JSC SRNHI at the current stage of development in solving the problems of navigation and hydrographic support of marine activities* 107

E.M. Gramuzov, B.P. Ionov, N.E. Tikhonova. *Accounting for snow in determining the reduced thickness of the ice cover* 112

A.E. Kozyaruk, B.Yu. Vasil'yev, A.I. Ivanovsky. *Analysis of the development of technical means of development of oil and gas deposits* 115

THE HISTORY OF SHIPBUILDING AND FLEET

V.E. Yukhnin. *Project 58: from a destroyer to a missile cruiser* 121

M.I. Lobanova, M.I. Roskostov, E.A. Nikitin. *Kronstadt Naval Hospital: 300 years since the founding* 125

IN THE ASSOCIATION OF SHIPBUILDERS

For 80th anniversary of A.A. Yurchak 127

Editor-in-Chief
E.A. Konov, Ph. D.
Deputy Editor-in-Chief
D.S. Glukhov
Phone/Fax: +7 (812) 6004586
Fax: +7 (812) 5711545
E-mail: morvest@gmail. com
www. morvest. ru
Editorial Collegium
V.I. Chernenko, D. Sc., Prof.
E.A. Gorin, D. Sc.
E.V. Igoshin, Ph. D.
B.P. Ionov, D. Sc., Prof.
D.V. Kazunin, D. Sc.
R.N. Karaev, Ph. D.
Yu.N. Kormilitsin, D. Sc., Prof.
A.I. Korotkin, D. Sc., Prof.
S.I. Logachev, D. Sc., Prof.
P.I. Maleev, D. Sc.
Yu.I. Nechaev, D. Sc., Prof.
Yu.F. Podopliekin, D. Sc., Prof., member of the Academy of Rocket and Artillery of Sciences of Russia
V.N. Polovinkin, D. Sc., Prof.
L.A. Promyslov, Ph. D.
Yu.D. Pryakhin, D. Sc., Prof.
A.V. Pustoshny, corresponding member of the Academy of Sciences of Russia
A.A. Rodionov, D. Sc., Prof.
K.V. Rozhdestvensky, D. Sc., Prof.
A.A. Rusetzky, D. Sc., Prof.
N.P. Shamanov, D. Sc., Prof.

Editorial staff
Phone/Fax +7 (812) 6004586
E-mail: morvest@gmail. com
Editor
T.I. Ilyichiova
Design, imposition
S.A. Kirillov, V.L. Kolpakova
Editorial office
office 13H, 84, Nab. r. Moyki,
190000, St. Petersburg
The magazine is registered by RF Ministry of Press, TV and Radio Broadcasting and Means of Mass Communications, Registration Sertificate ПИ № 77-12047 of 11 march 2002
Founder-Publisher
JSC Publishing House "Mor Vest"
office 13H, 84, Nab. r. Moyki,
190000, St. Petersburg
The magazine electronic version
is placed on the site LLC "Nauchnaya electronnaya biblioteka" www. elibrary. ru and is also included to the Russian index of scientific citing
By the decision of the Council of VAK the Morskoy Vestnik magazine is entered on the list of the leading scientific magazines and editions published in the Russian Federation where basic scientific outcomes of doctoral dissertations shall be published.
www.perechen.vak2.ed.gov.ru
You can **subscribe to the Morskoy Vestnik** magazine using the catalogue of "Rospechat" agency (subscription index 36093) or directly at the editor's office via the Morvest Publishing House
Printed in the Printing-House "Premium-press"
Circulation 1000. Order № 1019
Authors and advertisers are responsible for contents of information and advertisement materials as well as for use of information not liable to publication in open press.
Reprinting is allowed only with permission of the editorial staff

ПОГРАНИЧНЫЙ СТОРОЖЕВОЙ КОРАБЛЬ 1-ГО РАНГА ПРОЕКТА 22100 «ОКЕАН»

Б.А. Лейкис, *гл. конструктор,*
Н.Н. Комаров, *зам. гл. конструктора,*
Д.Ю. Литинский, *вед. инженер, АО ЦМКБ «Алмаз»,*
контакт. тел. (812) 369 5598

Охрана природных ресурсов и поддержание правового режима в исключительной экономической зоне (ИЭЗ) нашего государства является одной из важнейших задач Береговой охраны Пограничной службы Федеральной службы безопасности Российской Федерации (ПС ФСБ РФ). Для решения этой задачи необходимы современные корабли, требования к техническим характеристикам которых выработаны многолетней практикой службы морских пограничников.

Практически все морские державы на протяжении второго десятилетия нынешнего века ведут интенсивное строительство патрульных кораблей и судов с использованием последних достижений техники кораблестроения с целью создания эффективной системы охраны ИЭЗ и континентального шельфа. Обновление и усиление морской и океанской составляющей нашей Береговой охраны назрело давно. Находящиеся ныне в строю Береговой охраны ПС ФСБ РФ и подлежащие замене как выслужившие нормативные сроки эксплуатации пограничные сторожевые корабли 1-го ранга, основу которых составляют проекты 11351 «Нерей» и 97П, значительно отличаются по тактико-техническим элементам, поскольку они проектировались, строились и принимались на вооружение в разное время и предназначались для решения различных задач.

Строительство трех ПСКР 1-го ранга в интересах Главного управления пограничных войск (ГУПВ) КГБ СССР для охраны 200-мильной ИЭЗ государства предусматривалось программой военного кораблестроения на 1980–1985 гг. Еще в 1976 г.* командование ГУПВ в качестве прототипа выбрало сторожевой корабль пр. 11351, а Северное ПКБ выполнило аванпроект 01066. Однако сроки дальнейшей разработки нового проекта не устроили заказчика, что заставило пойти по пути переработки проекта «Буревестника», сократив состав вооружения и добавив базирование поисково-спасательного вертолета (аванпроект 1135П).

Пограничный сторожевой корабль пр. 11351 «Нерей»

Адаптация боевых кораблей к требованиям морских пограничников была тогда уже традиционной, а весьма высокие затраты на эксплуатацию газотурбинных кораблей на неэкономичных режимах считались приемлемыми.

По такому же пути, следуя согласованной политике командования ВМФ СССР и морской пограничной охраны КГБ СССР, шло и ЦМКБ «Алмаз», спроектировавшее подавляющие большинство пограничных сторожевых катеров и малых кораблей. Однако, начав работу над пр. 10410 «Светляк», ЦМКБ «Алмаз» избрало другой подход, сразу же по достоинству оцененный моряками-пограничниками. Он базировался на идее создания корабля под конкретные задачи со стадии исследовательского проектирования, предшествующей составлению тактико-технического задания.

Пограничный сторожевой корабль пр. 97П

Поскольку Береговой охране требовался единый корабль и на замену скоростным газотурбинным «Нереям» водоизмещением более 3500 т, и дизель-электрическому ПСКР пр. 97П, спроектированному в 1970 г. на основе портового ледокола, задача была весьма сложной.

Проанализировав состояние корабельного состава в ходе выполнения НИР, специалисты Береговой охраны пришли к выводу о необходимости разработки нового проекта и строительства серии ПСКР 1-го ранга для охраны ИЭЗ и континентального шельфа в дальневосточном и северном регионах. В 2008 г. ими были сформулированы общие требования к «кораблю ИЭЗ»: продолжительность непрерывного выполнения оперативно-служебных задач в море (50% времени – на ходу, 50% – в дрейфе) – до 60 суток; дальность плавания – до 12 тыс. миль; категория ледовых усилений корпуса, достаточная для плавания в разреженном льду толщиной 0,6–0,8 м. На корабле с постоянным базированием поисково-спасательного вертолета требовалось разместить не менее трех быстроходных высадочных средств, включая стационарный катер в кормовом слипе и две полужестких или надувных шлюпки.

Далее руководство Департамента Береговой охраны ПС ФСБ обратилось в ведущие проектно-конструкторские организации судостроительной промышленности с просьбой принять участие в НИР и представить свое видение перспективного корабля.

Для определения технического облика и оптимального состава вооружения и технических средств ПСКР были выполнены исследования всего диапазона патрульных кораблей береговой охраны иностранных государств, тщательно проанализировав их ТТЭ и примененные в проектах технические решения.

Пригодился опыт ЦМКБ «Алмаз», полученный в процессе корректировки германского проекта (Abeking & Rasmussen) и обеспечения строительства и сдачи природоохранного патрульного судна «Спрут». Изучились также особенности конструкции и результаты эксплуатации оригинальных рыбоохранных судов типа «Командор», спроектированных и построенных в Дании по заказу Министерства рыбного хозяйства СССР в 1989–1990 гг. Эти корабли сейчас действуют в составе Береговой охраны.

Облик будущего ПСКР 1-го ранга вырабатывался и поэтапно уточнялся в процессе тесного взаимодействия со специалистами и командованием Береговой охраны. Весной

* Советский Союз установил суверенные права над своей 200-мильной прибрежной зоной вслед за аналогичным решением США в 1976 г. (Указ Президиума Верховного Совета СССР «О временных мерах по сохранению живых ресурсов и регулированию рыболовства в морских районах, прилегающих к побережью СССР» от 10 декабря 1976 г.). 28 февраля 1984 г. вышел Указ Президиума Верховного Совета СССР «Об экономической зоне СССР».

2009 г. главный конструктор проекта ЦМКБ «Алмаз» доложил результаты проделанной работы.

Наибольшее внимание было уделено выбору типа и схемы ГЭУ, которая должна работать в наиболее экономичных ходовых режимах во всем эксплуатационном диапазоне. Для достижения максимальной скорости полного хода рассматривались различные типы ГЭУ, в том числе комбинированная дизель-газотурбинная в составе двух дизелей мощностью по 1600 кВт и двух ГТД М70 ФРУ по 10300 кВт. Однако поскольку выполненные исследования показывают, что режим полного хода в повседневной службе используется патрульными кораблями не более 5% общего ходового времени, а движение со скоростями от 14 до 18 уз – не более 10% (что подтверждалось и выводами специалистов заказчика), предпочтение следовало отдать дизельной энергетике.

В феврале 2010 г. заказчик сформировал тактико-техническое задание (ТТЗ), решив объявить конкурс на проектирование ПСКР 1-го ранга, которому был присвоен шифр «Океан». В апреле по итогам конкурса с участием Северного ПКБ, нижегородского ЦКБ «Вымпел» и Зеленодольского ПКБ победителем признали ЦМКБ «Алмаз» и с Департаментом Береговой охраны ПС ФСБ был заключен договор на разработку эскизного и технического проектов.

В соответствии ТТЗ было принято эшелонное расположение двухвальной ГЭУ. Определяющим для последующего выбора производителя главных механизмов корабля стало основное требование: их ресурс должен соответствовать расчетному сроку службы корабля – 40 лет (120 000 ч). Совместно с заказчиком было решено, что для работы в режиме патрулирования корабля на малых ходах в дизельной ГЭУ необходимо предусмотреть режим частичного электродвижения с использованием обратимого валогенератора. Соблюдение этого условия несколько сузило диапазон возможных производителей главных механизмов.

При выборе производителя и поставщика ГЭУ рассматривались четыре конкурента: финская компания Wärtsilä, германские MAN и MTU и российская холдинговая компания «Коломенский завод». Единственным производителем, гарантировавшим ресурс главных двигателей и генераторов, соответствующий расчетному сроку службы корабля, оказалась Wärtsilä. Заметим, что и выполненное ранее, на этапе технического предложения, сравнение технико-экономических показателей ГЭУ на основе двигателей 16Д49 и предложений Wärtsilä показало значительное преимущество последнего. Предложенная цена комплексной поставки (ГД + ДГ + движительный комплекс, система управления) финских машиностроителей была меньше запрошенной «Коломенским заводом» и предусматривала участие отечественного НПО «Винт» (валопроводы, ВРШ, система управления). Это означало, что значимая часть работы по контракту с Wärtsilä будет выполняться в России. Учитывая эти факторы, заказчик принял решение, и Wärtsilä начала работу по техническому заданию ЦМКБ «Алмаз».

Главные размерения корабля определяли исходя из площадей и объемов, необходимых для размещения всех корабельных помещений, цистерн, открытых палуб, взлетно-посадочной площадки для корабельного вертолета и ангара, рабочих и досмотровых шлюпок, спасательных средств с обеспечением оптимальной остойчивости, ходкости, управляемости и мореходности.

Определение соотношения главных размерений и наивыгоднейшей для различных ходовых режимов формы корпуса также было нетривиальной задачей и стало предметом обширных исследований наших специалистов. Рассчитывались и оценивались варианты бульбовых и обычных обводов носовой части, были предложены оригинальные «ложкообразные» обводы кормового подзора, увеличивающие общий пропульсивный коэффициент.

а)

б)

Эволюция архитектурно-компоновочных решений: а – проектное предложение, б – эскизный проект

Для обеспечения возможности применения оружия и использования вертолета на заданном волнении моря потребовались активные средства умерения качки – бортовые управляемые рули, которые для плавания в ледовых условиях должны убираться в корпус. Для создания комфортных условий повседневной службы экипажа весьма важна эффективность работы успокоителей качки в диапазоне ходовых режимов патрулирования. Оценка мореходности была выполнена с использованием результатов мореходных испытаний модели в «Крыловском государственном научном центре».

Архитектурно-конструктивный тип корабля – с удлиненным полубаком, надстройкой от борта до борта, в кормовой части которой расположен вертолетный ангар. Взлетно-посадочная площадка для поисково-спасательного вертолета занимает около четверти длины корпуса.

В целях наиболее рационального использования внутренних объемов корпуса и надстройки, оптимального размещения механизмов, оружия и технических средств, комфортного размещения экипажа, уменьшения протяженности и исключения пересечений путей перемещения личного состава, сокращения длины трубопроводов и магистральных кабелей на корабле организованы следующие основные функциональные зоны: управления кораблем и операциями; жилых и общественных помещений; энергетической установки; вертолетного комплекса.

Общее расположение корабля отрабатывалось весьма тщательно, при этом главной целью являлось максимально возможное удобство для службы и отдыха личного состава. В результате целенаправленных усилий проектанта с добавлением дополнительного (технического) яруса надстройки появилась возможность обеспечить круговой обзор из ходовой рубки, что впоследствии по достоинству оценили командование и экипаж головного корабля.

Возможность безопасного спуска и подъема дежурной шлюпки необходимо было обеспечить на волнении 5 баллов. Рассматривались различные районы расположения спусково-подъемных устройств. В эскизном проекте предлагалось размещение строящегося серийно рабоче-спасательного катера «Катран» (пр. 21770, ЦМКБ «Алмаз») на кормовом слипе, но вскоре заказчик отказался от этого варианта. Свою роль сыграл полученный отрицательный опыт эксплуатации головного корабля пр. 22460 (Северное ПКБ), где использование малой шлюпки с кормового слипа по ряду причин оказалось невозможным.

Когда разработка эскизного проекта «Океана» близилась к завершению, заказчик рассмотрел возможность некоторого его упрощения (естественно, без снижения основных ТТЭ) в целях уменьшения общей стоимости корабля.

В декабре 2010 г. состоялась защита эскизного проекта и официальный выбор упрощенного варианта с оформле-

Боковой вид ПСКР пр. 22100. Технический проект

нием соответствующего дополнения к ТТЗ. Разработка технического проекта 22100 завершилась в мае 2011 г. В процессе разработки проекта применялись самые современные технологии. Создание трехмерной модели корабля являлось одним из основных требований заказчика, и все работы на стадии выпуска РКД выполнялись с использованием САПР «Tribon». Создание полной 3D модели в достаточной степени детализации позволило получать документацию в автоматическом режиме, что существенно сократило сроки разработки и выпуска и, главное, повысило ее качество.

Впервые в практике проектирования при изготовлении натурного макета ходовой рубки для сокращения сроков отработки и снижения финансовых затрат на нем установили действующее пультовое оборудование.

Следует несколько подробнее остановиться на тех усилиях, которые были приложены для обеспечения такого важнейшего для пограничного сторожевого корабля 1-го ранга качества, как обитаемость.

Специфика службы моряков-пограничников в условиях длительного плавания в тяжелых навигационно-метеорологических условиях уже сама по себе требует особого отношения проектанта, что хорошо знакомо по предыдущему опыту. В случае же с «Океаном» ответственность проектировщика поднялась еще выше, поскольку заказчик уведомил, что на новом корабле буду служить только контрактники, и предъявил соответствующие, весьма высокие требования к уровню комфорта в жилых, общественных и служебных помещениях.

Для профессионального моряка-пограничника, который большую часть своей жизни проводит на корабле в море, слова «корабль – дом» имеют особый смысл, и командование Береговой охраны делает для достижения этого все возможное.

На этапе технического проекта были выполнены дизайн-проекты всех жилых и общественных помещений, однако впервые в отечественной практике мебель для будущего корабля проектировалась индивидуально для каждого вида служебных, жилых и общественных помещений. После опубликования в интернет-изданиях проектных изображений корабельных интерьеров «Океана» приходилось слышать вопросы с негативным оттенком по поводу необходимости в кают-компании «кожаных кресел и диванов». Информация для подобных скептиков: кожа для этой мебели заказывалась специальной выделки – поставщик гарантировал 40-летний срок службы кожаной обивки. Так что и корабельная мебель рассчитана на полный срок службы «Океана».

Блок-каюта командира БЧ-5 ПСКР «Полярная звезда»

С целью уменьшения воздействия качки жилые и общественные помещения, как и основные боевые посты, расположены в районе миделя. Офицеры и команда размещены только в одно- и двухместных каютах с санузлами. Жилая зона отделена от помещений с повышенными уровнями шума. Для снижения его уровня применена чиллерная система кондиционирования воздуха в корабельных помещениях, работающая от датчиков температуры в автоматическом режиме.

Несколько забегая вперед, отметим, что по результатам испытаний головного корабля впервые в отечественной практике кораблестроения достигнут уровень шумности, полностью удовлетворяющий действующим санитарным нормам для судов гражданского флота.

Плавательный бассейн ПСКР «Полярная звезда»

Созданный специально для головного корабля проекта «Океан» уникальный навигационно-тактический комплекс (НТК) «Мателот-22100» заслуживает отдельного описания. В рамках журнальной статьи отметим лишь главное: впервые на основе российских технологий и программного обеспечения реализован глубоко интегрированный комплекс, не только объединяющий все средства управления самим кораблем, но и позволяющий с борта корабля в так называемом ситуационном центре управлять пограничными силами региона.

Ходовая рубка ПСКР «Полярная звезда»

НТК «Мателот-22100» состоит из четырех взаимосвязанных контуров – навигационного, тактического, управления техническими средствами корабля и контура связи. Степень интеграции комплекса позволяет существенно сократить аппаратный состав подсистем и уменьшить номенклатуру стандартных аппаратных стоек, что дает возможность более рационально использовать объемы помещений.

В состав НТК входит интегрированная мостиковая система, информационная система ГКП, подсистемы отображения видеоинформации, комплексной обработки и трансляции навигационной информации, а также система управления полетами палубного вертолета. Информация от каждой из подсистем может быть выведена на любой экран. За все время испытаний НТК «Мателот-22100» не было ни одного случая утраты навигационной информации*.

Для выбора завода-строителя государственный заказчик в конце 2011 г. провел процедуру конкурса, в котором участ-

* Межведомственные испытания НТК «Мателот-22100» успешно завершены в феврале 2016 г.

вовали четыре судостроительных предприятия. Победил Зеленодольский судостроительный завод им. А. М. Горького, конкурентами которого выступали санкт-петербургская «Северная верфь», северодвинская «Звездочка» и Невский судостроительно-судоремонтный завод.

Головной ПСКР «Полярная звезда» перед спуском на воду

Головной ПСКР (зав. № 111) строился по контракту, подписанному 26 декабря 2011 г. Корабль заложили 30 мая 2012 г. и спустили на воду через два года, 21 мая 2014 г. Запланированному переводу корабля по внутренним водным путям воспрепятствовала навигационная обстановка, обусловленная обмелением судоходных путей, и заказчик принял решение перенести этап испытаний на следующий год. Весной 2015 г. переведенный по внутренним судоходным путям корабль прибыл в Кронштадт, где провели швартовные испытания и подготовили корабль к ходовым испытаниям.

Испытания авиационно-технического комплекса

В период заводских ходовых и государственных испытаний корабль показал полное соответствие проектным характеристикам. Механическая установка в режиме длительной работы подтвердила характеристики надежности и экономичности. Расчетная скорость полного хода оказалась определенной с очень высокой точностью. На этапе государственных испытаний заказчик особо отметил отличную мореходность и эффективность работу средств умерения качки, что получило полное подтверждение во время мореходных испытаний в Баренцевом море.

Изменившаяся со времени начала проектирования «Океана» внешнеполитическая ситуация потребовала корректировки проекта для серийного строительства с исключением из поставок импортной техники. Эта работа успешно завершена. Решение о строительстве серии кораблей пр. 22100 было принято еще до окончательного приема головного корабля – в начале апреля 2015 г. был объявлен конкурс (закупки у единственного поставщика), а 24 апреля подписаны контракты на строительство кораблей зав. №112 и №113. Плановый срок сдачи кораблей – декабрь 2019 г.

Выполненное по заданию заказчика сравнение с зарубежными аналогами показало, что при полном водоизмещении около 3000 т в отечественном проекте при использовании наиболее прогрессивной схемы энергетической установки с частичным электродвижением удалось совместить и осуществить выполнение требований ТТЗ, по нескольким параметрам (дальность плавания и автономность, мореходность, обитаемость) превосходящим аналогичные характеристики новейших зарубежных кораблей, включая строящиеся в настоящее время. Поэтому можно уверенно констатировать, что проект «Океан» по своему техническому уровню соответствует лучшим достижениям кораблестроительных школ Германии, Испании, Нидерландов и Канады.

По совокупности технических характеристик, включая электродвижение (CODOE), к ПСКР пр. 22100 приближается патрульный корабль проекта Avante 3000 ВМС Испании (концерн Navantia). Однако он, хотя и предназначен для выполнения более широкого круга тактических задач, чем корабль береговой охраны, не пригоден для использования в северных широтах и обладает значительно меньшей дальностью плавания и автономностью. По характеристикам живучести (в частности, расположение главных механизмов в двух водонепроницаемых отсеках) среди зарубежных аналогов к ПСКР «Океан» приближаются проекты Avante 3000 и DN2000 (концерн Damen).

Среди зарубежных патрульных кораблей, корпуса которых имеют усиления для плавания во льдах – это проекты PV85 (STX Canada), OPV-80 (Fassmer, Германия), UT712 (Rolls-Royce Marine Systems, Великобритания-Норвегия) и VS794 (Vik Sandvik, Норвегия), – ПСКР пр. 22100 обладает наивысшим ледовым классом. Следует также учитывать, что категории ледовых усилений судов арктического плавания по требованиям РМРС отличаются от аналогичных категорий Lloyd Register и Det Norske Veritas.

Береговая охрана Японии не располагает современными кораблями такого водоизмещения (3000 т) с постоянным базированием вертолета, а водоизмещение наиболее «молодого» вертолетоносного корабля (PLH-09 Ryūkyū), обладающего возможностью плавания в разреженном льду, значительно превосходит ПСКР пр. 22100 при более чем вдвое меньшей дальности плавания и автономности.

Головной ПСКР прибыл к постоянному месту службы

По интегральным показателям обитаемости ПСКР пр. 22100, спроектированный с выполнением действующих требований к боевым кораблям, превосходит зарубежные аналоги. По степени комфорта и дизайну жилых помещений на одном уровне находятся лишь норвежские корабли, спроектированные по правилам классификационных обществ с применением высоких стандартов обитаемости.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шляхтенко А. В.* Корабли ЦМКБ «Алмаз» под флагом Отчизны // Национальная оборона. – 2016. – № 10. – С. 64–67.
2. *Лейкис Б. А., Литинский Д. Ю.* Передовые технологии и новации в проекте патрульного корабля океанской зоны // Морской вестник. – 2013. – № 4 (48). – С. 37–38.
3. *Овсянников С. И.* Из истории перспективного проектирования в Северном проектно-конструкторском бюро // Судостроение. – 2016. – № 6. – С. 29–32. ■

УНИВЕРСАЛЬНОЕ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОЕ СУДНО ДЛЯ ВМФ

Е.А. Песков, *гл. конструктор ОАО «КБ «Вымпел»,*
контакт. тел. (831) 439 6784

В последние годы Россия интенсивно восстанавливает свой военно-морской флот. В связи с этим значительное внимание уделяется не только строительству боевых кораблей, но и судов обеспечения. В настоящее время ведущие российские проектные бюро сосредоточили свои силы на создании судов обеспечения ВМФ. За последние 10 лет ОАО «КБ «Вымпел» спроектировало и приняло участие в постройке на российских верфях более 60 судов обеспечения по 14 проектам.

Отдельно хочется остановиться на ряде судов, которые по своим характеристикам являются уникальными.

Сегодня флоту необходимы универсальные суда, способные выполнять ряд специальных задач, одной из которых является спасение экипажа и судна в целом. Создание многофункциональных судов позволит снизить затраты на строительство и поднять боеспособность российского флота на новый уровень.

Детальный анализ судового состава аварийно-спасательных сил флотов России показал, что универсального спасательного судна, способного решать комплекс задач как повседневного, так и специального назначения, в их составах нет. В результате в 2011 г. перед ОАО «КБ «Вымпел» была поставлена задача создать проект подобного судна.

В 2011–2013 гг. ОАО «КБ «Вымпел» выполнен проект аварийного спасательного судна пр. 22870. Головное судно построено в 2011–2013 гг. в рамках государственного оборонного заказа и передано ВМФ в июне 2014 г. Судно эксплуатируется под флагом ВМФ РФ. Создание универсального аварийно-спасательного судна является важнейшим направлением развития флота в целях обеспечения обороноспособности страны.

При разработке проекта учитывались в первую очередь требования к эргономике, заложенные в проект технические и компоновочные решения обеспечивали удобство выполнения экипажем поставленных перед судном задач. Проект в полной мере соответствовал выданному заказчиком тактико-техническому заданию и самым современным требованиям к экологичности и безопасности.

Головное судно пр. 22870 построено Астраханским судоремонтным заводом – филиалом АО «Центр судоремонта «Звездочка» в рамках государственного контракта по проекту, разработанному КБ «Вымпел» в соответствии с техническими требованиями ВМФ на поставку спасательного буксирного судна пр. 22870.

Судно относится по классификатору ВМФ к морским судам обеспечения, класс судна – морское поисково-спасательное, подкласс – спасательное буксирное судно. Оно предназначено для использования в акватории Каспийского моря.

При создании судна был учтен опыт зарубежного судостроения.

Универсальное аварийно-спасательное судно пр. 22870

Основные задачи: буксировка кораблей и судов; снятие с мели кораблей и судов; тушение пожаров на аварийных кораблях (судах) и береговых сооружениях; эвакуация людей с аварийного корабля (судна) и с поверхности воды, оказание медицинской помощи спасенным; подача электроэнергии на аварийный корабль (судно); поддержание аварийного корабля (судна) на плаву путем заделки повреждений и откачки воды; выполнение водолазных работ на глубинах до 60 м; обеспечение судоподъемных работ в соответствии с возможностями установленных технических средств.

Кроме того, судно может решать дополнительные задачи, а именно выполнять сбор нефтепродуктов с температурой вспышки более 60°С с поверхности моря; вести обследования с помощью телеуправляемого необитаемого подводного аппарата (ТНПА).

Судно оснащено необходимым специальным оборудованием и имеет соответствующие главные размерения, которые позволяют ему успешно выполнять свои задачи при заданных значениях волнения моря и ледовых условий.

Главные размерения судна

Длина наибольшая, м	57,0
Ширина по КВЛ, м	14,0
Высота борта на миделе, м	5,4
Осадка по КВЛ, м	3,2
Водоизмещение судна полное, т	ок. 1700
Скорость, уз	14

Гребная установка и буксирное устройство судна обеспечивают тягу на швартовых ок. 500 кН, при буксировке со скоростью 6 уз тягу ок. 330 кН.

Маневренные качества судна на всех ходах, а также динамическое позиционирование обеспечиваются при помощи двух винторулевых колонок (ВРК) в корме и подруливающего устройства (ПУ) в носовой части судна.

Предусмотрены дополнительные места для размещения спасенных людей.

Для решения ряда задач, стоящих перед судном, необходимо использование значительного количества технических средств, оборудования и специальной оснастки. Все эти средства взаимоувязаны и обеспечивают комфортную работу и службу экипажа.

Буксирное устройство состоит из двухбарабанной якорно-буксирной лебедки, буксирного гака откидной конструкции с пневматической отдачей буксирного каната с номинальным тяговым усилием на первом слое 400 кН и держащее усилие тормоза на последнем слое 1540 кН. Буксирный гак номинальной рабочей нагрузкой 650 кН и буксирный битенг – 650 кН.

Для тушения пожаров на аварийных кораблях (судах) и на береговых сооружениях предусмотрена специальная система водотушения, в состав которой входят три водопенных лафетных ствола, два из которых стационарные, и один водопенный лафетный ствол, установленный на телескопической мачте, способной поднимать лафетный ствол на высоту до 9 м.

Для размещения спасенных на судне предусмотрены два помещения с 32 сидячими и 4 лежачими местами. Для спасенных предусматриваются резервные комплекты одежды и белья, матрацы, запасы провизии, дополнительное снабжение. При необходимости возможно дооборудование жилых и общественных помещений дополнительными 24 местами для спасенных.

Предусмотрено размещение на судне поста медицинской помощи. Медицинский блок состоит из кладовой, операционной, амбулатории, стерилизационной, изолятора и медкладовой.

Для сбора людей с аварийного корабля (судна) и с воды предусмотрены специальные системы, состоящие из следующих устройств:

- переносного посадочного пневматического устройства ППУ-5 с автономной системой газозаполнения;
- устройство подъема людей с воды «Спрут-5» вместимостью 6 человек;
- трехрядный шторм-трап;
- спасательный сбрасываемый плот ПСН-10МК в контейнере;
- скоростная дежурная шлюпка с экипажем из 2–6 чел. и вмещающая 12–16 спасенных и т.д.

Для заделки пробоины и ремонта корпуса аварийного корабля (судна) в снабжении судна предусмотрено специальное оборудование, предназначенное для выполнения подводных работ:

- комплект подводного гидравлического инструмента;
- комплект для подводной сварки и резки;
- комплект грунтоуборочного оборудования.

Для водолазных работ на глубинах до 60 м предусмотрено все необходимое оборудование, в том числе и барокамера. Устройство обеспечения водолазных спусков на судне соответствует Правилам водолазной службы (ПВС) ВМФ-2002, обеспечивает проведение водолазных спусков на глубинах до 60 м при волнении моря до 3 баллов по шкале ГУ ГМС.

Телеуправляемый необитаемый подводный аппарат (ТНПА) предназначен для осмотровых и поисковых подводно-технических работ в прибрежных районах на глубинах до 300 м. Для спуска/подъема водолазной беседки, а также для выполнения перегрузочных работ устанавливается водолазная кран-балка.

Имеющийся на судне грузовой кран грузоподъемностью 8 т и вылетом 22 м, а также комплект водолазного оборудования могут быть использованы при проведении работ по подъему затонувшего корабля (судна).

На глубине затопления судна до 60 м могут быть использованы судовые средства для ремонта корпуса затопленного судна:

- комплект подводного гидравлического инструмента осушения судовых систем;
- комплект переносного водоотливного оборудования;
- комплект грунтоуборочного оборудования;

Может также использоваться грузовой кран судна для доставки к корпусу судна конструкций массой до 8 т.

Для ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов с температурой вспышки более 60 °С предусмотрено оснащение судна комплектом специального оборудования с комплектом боновых заграждений общей длиной 560 м.

Для постановки бонового заграждения предусмотрен катер-бонопостановщик БП-80 с двигателем взрывобезопасного исполнения с водометным движителем, с максимальной скоростью хода ок. 25 уз. Катер оборудован скиммером (нефтесборщиком). Для сбора больших объемов нефтесодержащих вод на судне предусмотрено судовое нефтесборное устройство, состоящее из щеточно-цепного конвейера с винтовым нефтеперекачивающим насосом. Сбор нефтепродуктов от скиммера катера и от судового сборщика предусмотрен в соответствующие цистерны.

Обследовательские работы аварийных и затонувших кораблей, а также морского дна и гидротехнических сооружений на глубинах до 300 м обеспечивается ТНПА.

Как видно из приведенного выше анализа основных характеристик судна, состав его специального оборудования позволяет полностью выполнять все возложенные на него задачи.

Бортовой скиммер

Гребная установка судна и средства буксировки позволяют буксировать корабли (суда) достаточно большого водоизмещения.

Анализ буксирных возможностей судна показал, что оно может осуществлять буксировку судна водоизмещением до 20 000 т, шириной 24 м и осадкой 9 м со скоростью 6 уз. Это стало возможным благодаря наличию на судне гребной электрической установки с единой электроэнергетической системой судна (ГЭУ с ЕЭЭС) большой мощности.

Борьба с пожаром на аварийном судне ведется при минимальных затратах энергии на электродвижение, и часть освободившейся электроэнергии ЕЭЭС подается к двум электроприводным насосам с «мягким пуском».

Надежность работы судна при эвакуации людей с аварийного судна, подаче электроэнергии на аварийное судно, поддержании аварийного судна на плаву, выполнении работ по ЛАРН и обследовательских работ обеспечивает система динамического позиционирования DYNPOS-1, которая управляет одновременно двумя ВРК в корме судна и одним ПУ в носовой части судна.

Ледовый класс Arc4 позволяет эксплуатировать судно без ограничений в акватории Балтийского и Черного морей, а также в зоне действия Тихоокеанского флота на севере.

По результатам строительства головного заказа, с учетом его универсальности и возможности выполнения задач в любых акваториях, заказчиком было принято решение построить еще шесть единиц данного класса. При небольшой модернизации и установке вооружения судно может выполнять задачи военного характера.

Разработка данного проекта выполнена с целью создания судна, по своим характеристикам превышающего аналоги, в интересах обеспечения безопасности и обороноспособности страны.

Буксировка судна

В настоящее время Астраханским судостроительным заводом построены и переданы флоту четыре единицы СБС – СБ-45(2014), «Профессор Николай Муру»(2015), СБ-738 (2016) и СБ-739 (2017). Подписаны контракты на строительство еще двух судов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Голубев В.Г.* Спасатели Военно-морского флота.– М., Воениздат, 1996.
2. Спасательное имущество и средства ВМФ.– Ч. I: Спасательное имущество и средства надводных кораблей и судов ВМФ.– М.: Воениздат, 2004.
3. *Карев В.И.* Морские спасатели России.– М.: Морской флот, 2007.
4. Корабль и море: Этапы эволюции.–СПб., Фонд «Кораблестроение», 2005. ■

Подъем флага на СБС «Профессор Николай Муру»

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ НОВОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНО-АВТОМОБИЛЬНО-ПАССАЖИРСКОГО ПАРОМА ДЛЯ ЛИНИИ ВАНИНО–ХОЛМСК

ЧАСТЬ 2*

Г.В. Егоров, *д-р техн. наук, проф., ген. директор,*
И.А. Ильницкий, *первый зам. ген. директора, гл. конструктор,*
«Морское Инженерное Бюро-СПб»,
контакт. тел. (812) 232 8538

Создание обводов корпуса нового парома. Ходовое время на линии Ванино–Холмск у парома составляет приблизительно 80–90% кругового рейса. Поэтому остро стоит вопрос нахождения оптимального варианта обводов корпуса.

При этом следует учитывать гидрометеорологические и ледовые особенности района. Зимняя навигация в Татарском проливе часто характеризуется «ледяными штормами», когда наблюдается штормовое волнение при наличии на поверхности моря битого льда. При ледяных штормах в районах сплочения и сжатия льда происходит быстрое торошение. Во время таких штормов на палубу судов нередко попадают ледяные глыбы, которые производят значительные повреждения. При сильном морозе наветренная сторона судна покрывается толстым слоем льда.

Как показывают наблюдения, которые ведутся с 1971 г., достаточно частые циклоны с северо-западным, северным и восточным ветрами приводят к тому, что подходы на 20–30 миль к порту Ванино забиты льдом, и суда ждут улучшения погоды или ледокола. При ветре силой выше 15 м/с лед набивается вдоль береговой черты, смерзается и превращается в сплошной припай с наслоениями и торосами. Вдоль припая под действием северо-восточного ветра весьма интенсивно дрейфуют ледовые поля, возникает «ледовая река». Как правило, интенсивное ледообразование начинается в середине декабря–начале января, к середине февраля лед имеет наибольшую толщину, к середине марта море очищается ото льда. Наиболее позднее окончание ледовой проводки было отмечено 18 апреля 1984 г. [8].

При появлении «ледовой реки» в порт Ванино разрешается заход судов ледовой категории Arc5 и выше.

Но, как показывает происшествие с танкером «Игрим» ледовой категории УЛ (Arc5) и мощностью главного двигателя 7,8 МВт, когда он был прижат «ледовой рекой» к припою на дистанции 3 каб от береговой черты, в тяжелых случаях требуется категория УЛА (Arc7) [8]. В зиму 2011/2012 г. простои 143 судов в ожидании погоды составили 299 сут., в 2013 г. ледовые ограничения по классу объявлялись на 52 дня, в 2014 г. – на 26 дней [10, 11].

Поэтому корпус должен иметь обводы достаточно скоростного судна и одновременно обеспечивать сезонную самостоятельную работу в тяжелых льдах (в течение трех-четырех месяцев в году, на небольшом протяжении перехода), т.е. форма корпуса должна обеспечивать как высокие ледокольные, так и высокие ходовые качества судна, что, как известно, всегда труднодостижимо.

Этим требованиям отвечают два альтернативных решения по форме корпуса: оптимизированная ледокольная; судно двойного действия.

На начальном этапе проектирования были выполнены эскизные проекты **четырех** вариантов парома (рис. 8):

- автомобильно-железнодорожного парома CNF11C с перевозкой 12 пассажиров, с двухвальной дизель-энергетической установкой и оптимизированной ледокольной формой обводов;
- автомобильно-железнодорожного парома CNF11CD «двойного действия» (СДД) с перевозкой 12 пассажиров, опасных грузов, с дизель-электрической энергетической установкой и 2 винторулевыми колонками (Azipod) с формой обводов судна двойного действия;
- автомобильно-железнодорожно-пассажирского парома CNF11CP в концепции судна «двойного действия» с перевозкой 12 пассажиров, с дизель-электрической энергетической установкой и 2 винторулевыми колонками (Azipod) с формой обводов СДД;
- автомобильно-железнодорожно-пассажирского парома CNF11CPD с перевозкой опасных грузов, с двухвальной дизельной энергетической установкой и оптимизированной ледокольной формой обводов.

Оптимизированная ледокольная форма обводов имеет носовую оконечность с форштевнем ледового типа и транцевую кормовую оконечность со скегом-стабилизатором в ДП (рис. 9).

* Часть 1 – см. «Морской вестник», 2017, №1 (61)

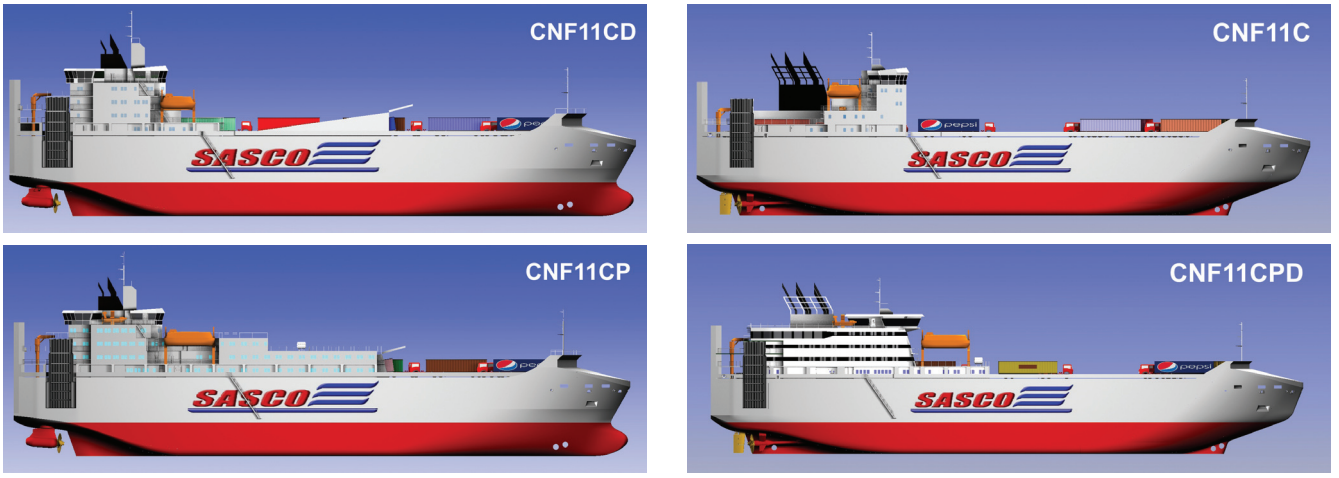


Рис. 8. ***Эскизные варианты нового концепта***

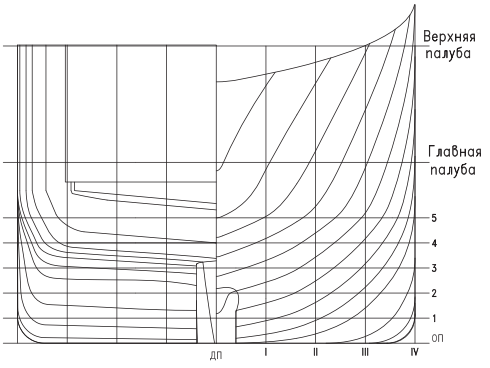


Рис. 9. ***Теоретический чертеж варианта с форштевнем ледового типа***

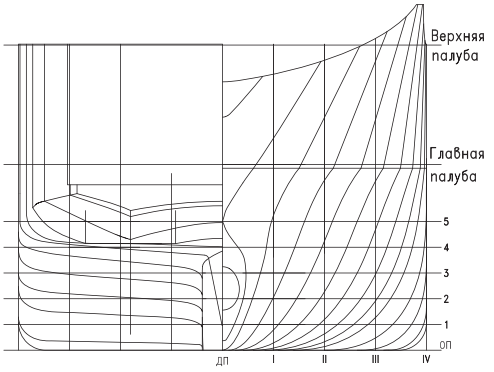


Рис. 10. ***Теоретический чертеж варианта СДД***

Форма корпуса СДД, предложенная компанией Aker Arctic, соединяет ледокольные обводы и обводы скоростного судна. Носовая часть выполняется, как у скоростного судна с бульбом, кормовая часть – как у ледокольного судна. Движение в тяжелых льдах осуществляется кормой вперед (рис. 10).

В качестве движителей были предусмотрены две винторулевые колонки (ВРК) типа Azipod.

Результаты численного моделирования. С целью предварительного определения ходовых качеств в заданном диапазоне скоростей на первом этапе было проведено численное моделирование (рис. 11, 12) буксировочных испытаний аналитической 3D-модели корпусов с помощью вычислительной гидродинамики [часть 1, 4].

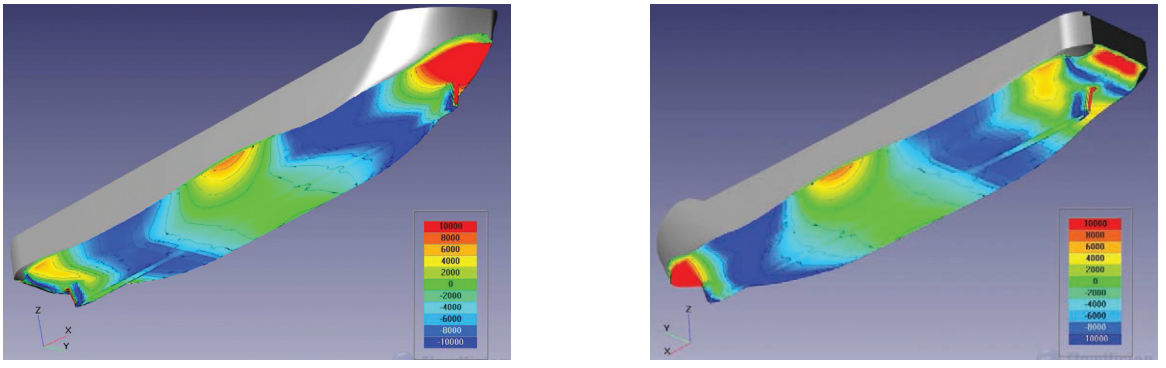


Рис. 11. ***Распределение давления воды за вычетом гидростатики (шкала в Па)***

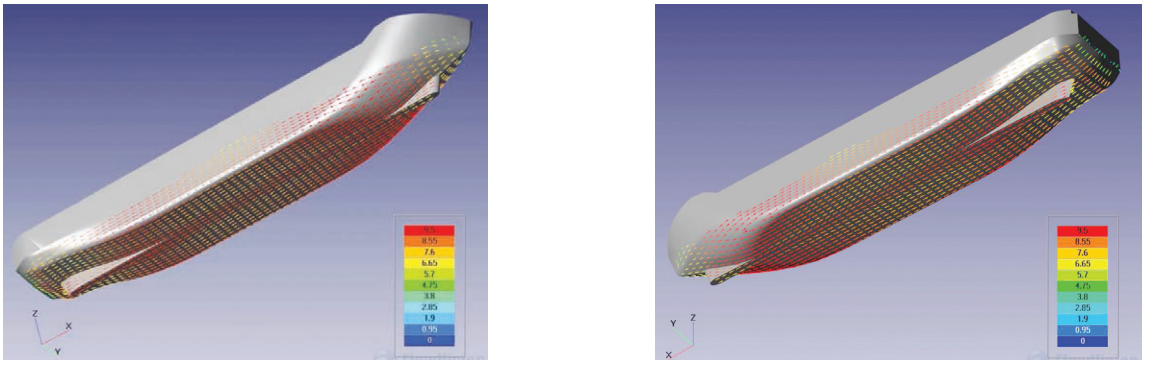


Рис. 12. ***Векторы скорости у поверхности корпуса (шкала в м/с)***

В ледовом бассейне ФГУП «Крыловский государственный научный центр» были проведены модельные испытания ледовых качеств форм корпусов [часть 1, 6]. Для определения ледового сопротивления корпуса на переднем ходу была использована методика буксировки модели. Для определения ледового сопротивления при движении модели задним ходом на модели были установлены винты. При выполнении буксировки на задний ход в ледяных полях гребные винты приводились во вращение со скоростью 12,8 об/с. На натурном судне наличие работающих гребных винтов приводит к образованию струи и размыву ледяной рубашки на корпусе судна. Работающие на модели гребные винты обеспечивали моделирование этого эффекта.

Соотношение между моделируемыми параметрами и полноразмерного судна приведены в табл. 5.

Таблица 5

Соотношение между моделируемыми параметрами и параметрами полноразмерного судна

Характеристика	Модель	Судно
Толщина льда, м	0,038	0,8
	0,057	1,2
Предел прочности льда на изгиб, кПа	23,5	500
Скорость буксировки:	0,3	2,69
модели, м/с	0,2	1,79
судна, уз	0,1	0,9

По результатам обработки данных проведенного эксперимента предельная ледопроходимость на передний ход при скорости хода 3 уз составляет 1,16 м, при скорости хода 6 уз – 0,84 м.

Кривая ледопроходимости судна при движении носом вперед представлена на рис. 13.

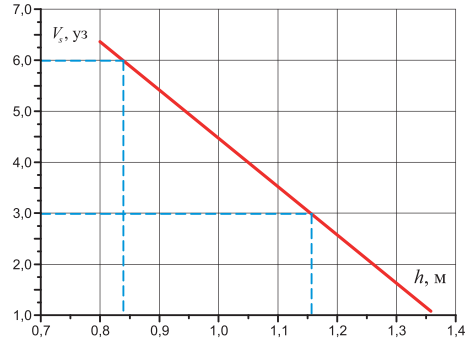


Рис. 13. ***Ледопроходимость парома (вариант с ледокольным форштевнем) при движении носом вперед***

По результатам обработки данных проведенного эксперимента, предельная ледопроходимость на задний ход при скорости хода 1,5 уз составляет 0,68 м. Кривая ледопроходимости судна при движении кормой вперед представлена на рис. 14.

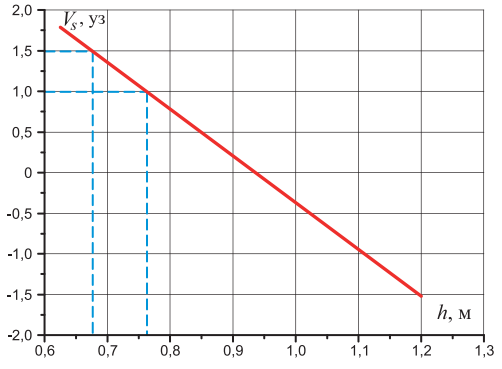


Рис. 14. ***Ледопроходимость парома (вариант с ледокольным форштевнем) при движении кормой вперед***

В ледовом бассейне Aker Arctic Technology Inc (AARC), Финляндия, испытывалась модель варианта СДД [часть 1, 7]. Она была изготовлена AARC в масштабе 1:22.46 и оборудована двумя азимутальными винторулевыми колонками тянущего типа с наборными винтами. Поверхность модели была подготовлена по специальным стандартным методам AARC для достижения корректного моделирования трения между льдом и моделью, соответствующему свежеокрашенному корпусу судна и морскому льду. Ледопроходимость модели испытывалась для двух толщин льда как при движении носом вперед (рис. 16), так и при движении кормой вперед (рис. 15 – основной вариант движения во льду).

Испытания модели осуществлялись в самоходном режиме с целью определения ожидаемой достижимой скорости в тестируемых ледовых условиях: в ровном сплошном льду, в канале в битом льду (рис. 17) и в торосах. Серия испытаний проводилась в сплошном ледяном поле с толщиной льда, соответствующей реальному льду толщиной 0,8 и 1,0 м.

Модельные испытания мореходных качеств форм корпусов (самоходные) были проведены в бассейне ФГУП «Крыловский государственный научный центр» [10]. Результаты

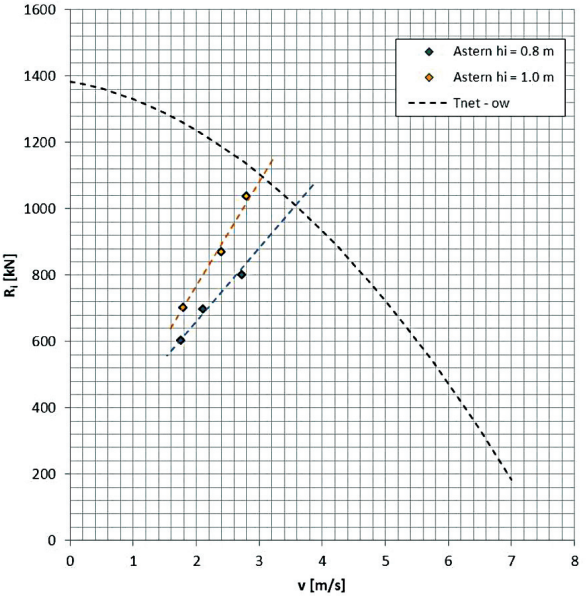


Рис. 15. ***Ледопроходимость в сплошном льду при движении кормой вперед***

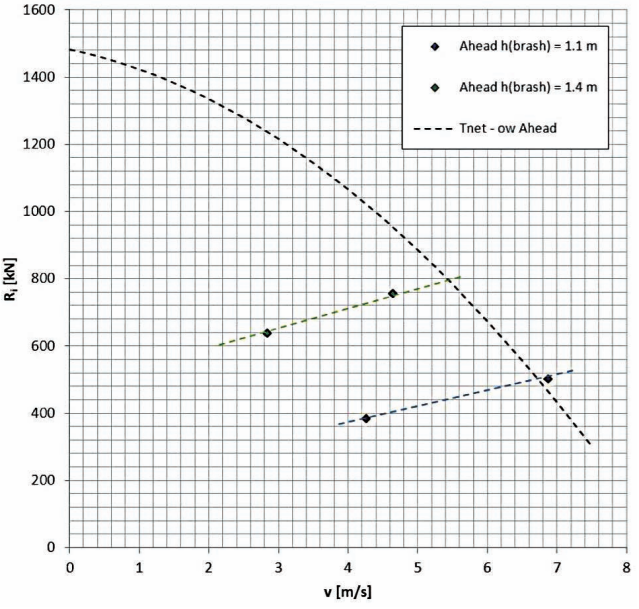


Рис 16. ***Ледопроходимость в канале в битом льду при движении носом вперед***

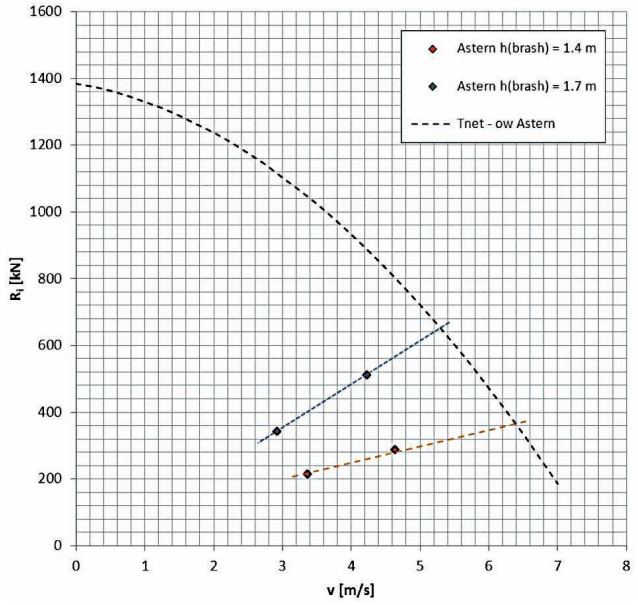


Рис. 17. ***Ледопроходимость в канале в битом льду при движении кормой вперед***

расчетов ходовых и тяговых характеристик выполненных на основании проведенных модельных испытаний, представлены на рис. 18.

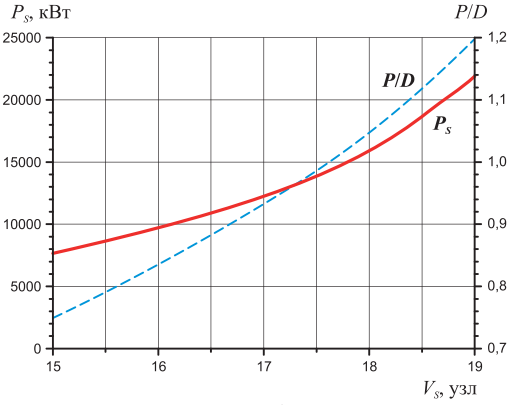


Рис. 18. ***Зависимости потребной мощности P_S и потребного шагового отношения P/D от скорости хода V_S. Передний ход***

Экспериментальных исследований мореходности парома проводились для условия встречного нерегулярного волнения силой 5 баллов ($H_{3\%}$ = 3,5).

Амплитуды качки с обеспеченностью 3% не превосходят следующих значений: килевая качка – 1,3°, вертикальная качка – 0,4 м. Заливание парома наблюдалось только при скорости 19 уз [11, 12]. Средняя частота заливания носовой оконечности парома не превышает 20 раз в час.

В целом испытания подтвердили достаточную мореходность принятых обводов судна.

Выбор типа и мощности СЭУ. Особенностью линии является значительная составляющая ходового времени – примерно около 20 часов в сутки. Поэтому существенное влияние на экономичность работы судна оказывают скоростные характеристики обводов корпуса и эффективность пропульсивного комплекса.

По требованиям заказчика новый паром должен иметь эксплуатационную скорость 18 уз на свободной от льда воде и высокие показатели ледопроходимости (скорость 3 уз во льду толщиной 1,0 м и 6–8 уз во льду толщиной 0,8 м) (рис. 19). Определяющими мощность энергетической установки в данном случае оказались требования обеспечения скорости хода на чистой воде и во льду толщиной 0,8 м.

Применение винторулевых колонок (ВРК) типа Azipod для СДД определило выбор дизель-электрической энергети-

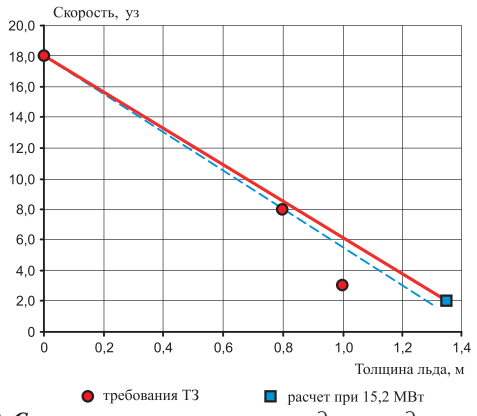


Рис.19. ***Соотношение скорости и ледопроходимости при мощности 15,2 МВт***

ческой установки. Для парома с форштевнем ледового типа в качестве пропульсивного комплекса выбрана двухвальная дизель-редукторная энергетическая установка с винтами регулируемого шага. СЭУ состоит из четырех главных двигателей. На каждый винт работают по два главных двигателя, что позволяет обеспечивать работу дизелей в оптимальном режиме: на экономическом ходу держать скорость в 12 уз (работают по одному дизелю в каждой паре), на полном – 18 уз работают все четыре дизеля.

Дальнейший анализ показал, что строительная стоимость судна с оптимизированной ледокольной формой обводов и дизель-редукторной энергетической установкой меньше, чем СДД, при полном выполнении всех требований технического задания. Поэтому для дальнейшего проектирования был выбран вариант парома с форштевнем ледового типа.

Таким образом, «Морским Инженерным Бюро» был создан пр. CNF11CPD автомобильно-железнодорожно-пассажирского парома нового поколения для линии Ванино–Холмск, который по сравнению с существующими судами типа «Сахалин»:

- имеет повышенные грузовые свойства (вместимость по грузовикам в 2,6 раза больше);
- не имеет ограничений по погоде (неограниченный район плавания);
- может работать в тяжелых ледовых условиях (во льду толщиной 80 см скорость около 6–8 уз и во льду толщиной 1,0 м скорость около 4,5 уз);
- в состоянии выполнять самостоятельные (несколько раз в сутки) швартовки без буксирного обеспечения, длительное движение задним ходом по стесненной акватории порта Холмск;
- выдерживает суточный цикл кругового рейса (скорость в эксплуатации 18 узлов) с – 2-часовой стоянкой при выполнении погрузочно-разгрузочных работ.

Новый концепт (в варианте CNF11CPD) может перевозить до 150 пассажиров и опасные грузы.

Установленное на судно оборудование позволяет работать на переходе как на полных, так и на долевых режимах нагрузки, проводить требуемое техническое обслуживание главных двигателей без вывода парома из эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

8. *Алексеев В.* Ледовые преграды на пути к Ванино // Морские порты. – 2009. – №7 (78). – С. 66–69.
9. *Емельянов Г.* Шаг на Сахалин, шаг в Японию // Эксперт. – 2012. – №49 (831). – С. 113–115.
10. *Ибрашов П.* Зимняя навигация // Морские порты. – 2014. – №2 (123). – С. 40–43.
11. *Татаринов Н.* Суровая зима в порту Ванино // Морские порты. – 2012. – №2 (103). – С. 34–36.
12. *Шевченко Г.В., Ковалев П.Д., Ковалев Д.П.* Резонанс волн на паромной переправе // Мир транспорта.– 2012. – №1 (39). – С. 58–65. ■

УПРАВЛЕНИЕ ОТРЫВОМ ПОТОКА С ПОМОЩЬЮ УСТУПА НА ОБТЕКАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ

А.С. Гузеев, *ст. науч. сотрудник,*
А.И. Короткин, *д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотрудник,*
Е.А. Морозова (Бусоргина), *руководитель проектов,*
Т.И. Сайфуллин, *инженер 1-й категории,*
ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,
контакт. тел. (812) 415 4599

ВВЕДЕНИЕ

Задача определения характеристик отрывного обтекания поверхности судна возникает при проектировании надводной части кораблей и судов в связи с задымляемостью и обеспечением безопасности эксплуатации вертолетов на объектах морской техники [1]. Большинство надстроек, расположенных на верхней палубе кораблей и судов, обтекаются воздушным потоком с отрывом при тех или иных углах дрейфа относительно кажущегося ветра (с учетом скорости хода судна). Особенности течения воздушного потока в зонах отрыва существенно влияют на распространение дыма по надводной части судна и на поведение авиационной техники при ее движении вблизи поверхности судна. При задымляемости могут возникнуть проблемы с видимостью при управлении судном, проблемы вентиляции помещений, включая обеспечение чистым воздухом двигательной установки судна [2], возможен выход из строя двигателей летательных аппаратов при заборе отработанных газов судовой установки. Вертикальная составляющая скорости и перепад давления в отрывных зонах могут привести к схлестыванию соосных несущих винтов вертолетов и изменить силы взаимодействия летательных аппаратов с надстройками судна.

Одними из существенных параметров являются поперечный размер отрывной зоны и его отношение к скорости невозмущенного набегающего потока.

В статье рассматривается один из возможных способов изменения поперечного размера отрывной зоны – использование уступа на обтекаемой поверхности. Приводятся экспериментальные данные, полученные в вертикальной гидродинамической трубе [3, 4], и результаты численного моделирования на основе математической модели, включающей в себя систему уравнений Рейнольдса и уравнение неразрывности.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментальная установка для визуализации течений была создана в ФГУП «Крыловском государственном научном центре» по образцу известной установки французского аэрокосмического центра ONERA, Г. Верле [5]. Вертикальная гидродинамическая труба является установкой незамкнутого типа, периодического действия, с закрытой рабочей частью сечением 150×150 мм, длиной 600 мм. Диапазон скоростей потока в ее рабочей части составляет 1 – 150 см/с. Использование силы тяжести для создания потока обеспечивает минимальные возмущения в текучей жидкости. Визуализация течения методом водородных пузырьков [3, 4] позволяет оценить размеры области отрыва. На рис. 1 представлена визуализация линий тока при поперечном обтекании надстройки прямоугольного поперечного сечения, стоящей на плоскости, при скорости набегающего потока 10 см/с. С верхней поверхности стенки происходит отрыв потока. На рис. 2 показана область отрыва при тех же параметрах течения и наличии уступа на модели. Видно, что поперечные размеры глобальной области отрыва изменились благодаря уступу с соотношением сторон 1:2. Внутри зоны уступа возникает собственное вихревое течение, которое прижимает предельную линию тока к верхней поверхности из-за уменьшения вертикальной составляющей скорости основного потока в районе точки отрыва. Если срез дымовой трубы за надстройкой находится ниже верхней границы зоны отрыва (рис. 3, *а*), то дымовые газы могут распространяться навстречу основному воздушному потоку, набегающему на судно. В этом случае дым будет заполнять всю отрывную зону на верхнем ярусе надстройки. Если поперечный размер зоны отрыва уменьшится (рис. 3, *б*) на столько, что срез трубы пересечет верхнюю границу зоны отрыва и выходящие из трубы отработанные газы будут сноситься внешним течением в корму судна, то задымляемости надстройки судна не будет. В данном случае задача уменьшения задымления судна решается либо с помощью изменения высоты кожуха трубы, либо за счет расположения уступа с наветренной стороны надстройки.

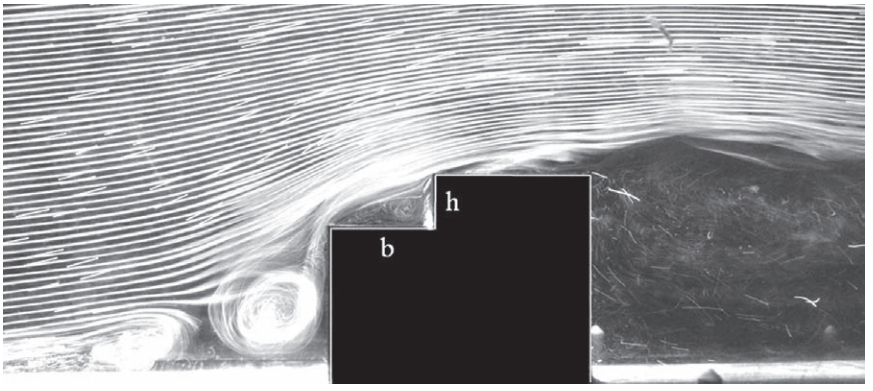


Рис. 1. ***Визуализация обтекания контура с уступом с соотношением h/b=1/2***

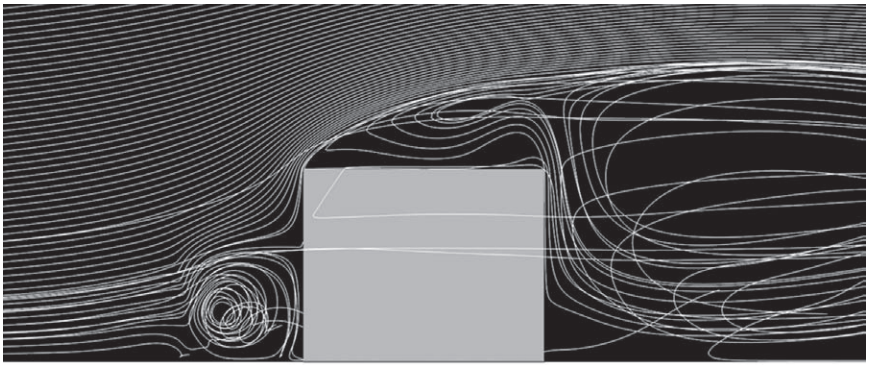
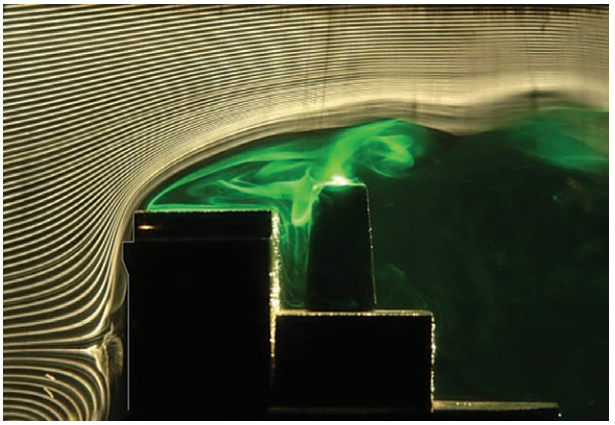


Рис. 2. ***Расчет обтекания прямоугольного контура без уступа***

а)



б)

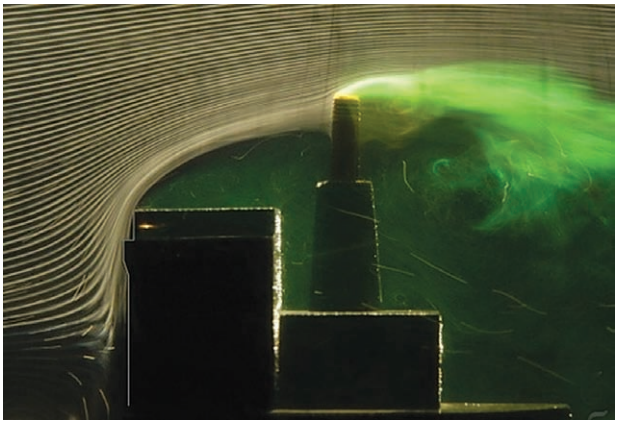


Рис. 3. ***Визуализация обтекания модели надстройки судна (а – верхний срез кожуха выхлопной трубы расположен ниже верхней границы зоны отрыва течения; б – верхний срез кожуха выхлопной трубы расположен выше верхней границы зоны отрыва течения)***

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Экспериментальный метод подбора геометрических параметров уступа на верхней поверхности конкретной судовой надстройки представляется затратным (по времени и средствам) исследованием, поэтому в Суперкомпьютерном центре математического моделирования «Крыловского государственного научного центра» были проведены расчеты течения вблизи надстройки судна при наличии уступа на верхнем ярусе.

Расчеты в трехмерной постановке выполнялись на основе математической модели, включающей в себя систему уравнений Рейнольдса:

$$\overline{u}\frac{\partial \overline{u}}{\partial x}+\overline{v}\frac{\partial \overline{u}}{\partial y}+\overline{w}\frac{\partial \overline{u}}{\partial z}= -\frac{1}{\rho}\frac{\partial \overline{p}}{\partial x}+\frac{1}{\rho}\left[\begin{array}{l}\frac{\partial}{\partial x}\left(\mu\frac{\partial \overline{u}}{\partial x}-\rho\overline{u'u'}\right)+\\ +\frac{\partial}{\partial y}\left(\mu\frac{\partial \overline{u}}{\partial y}-\rho\overline{u'v'}\right)+\\ +\frac{\partial}{\partial z}\left(\mu\frac{\partial \overline{u}}{\partial z}-\rho\overline{u'w'}\right)\end{array}\right]; \quad (1)$$

$$\overline{u}\frac{\partial \overline{v}}{\partial x}+\overline{v}\frac{\partial \overline{v}}{\partial y}+\overline{w}\frac{\partial \overline{v}}{\partial z}= -\frac{1}{\rho}\frac{\partial \overline{p}}{\partial y}+\frac{1}{\rho}\left[\begin{array}{l}\frac{\partial}{\partial x}\left(\mu\frac{\partial \overline{v}}{\partial x}-\rho\overline{v'u'}\right)+\\ +\frac{\partial}{\partial y}\left(\mu\frac{\partial \overline{v}}{\partial y}-\rho\overline{v'v'}\right)+\\ +\frac{\partial}{\partial z}\left(\mu\frac{\partial \overline{v}}{\partial z}-\rho\overline{v'w'}\right)\end{array}\right]. \quad (2)$$

$$\overline{u}\frac{\partial \overline{w}}{\partial x}+\overline{v}\frac{\partial \overline{w}}{\partial y}+\overline{w}\frac{\partial \overline{w}}{\partial z}= -\frac{1}{\rho}\frac{\partial \overline{p}}{\partial z}+\frac{1}{\rho}\left[\begin{array}{l}\frac{\partial}{\partial x}\left(\mu\frac{\partial \overline{w}}{\partial x}-\rho\overline{w'u'}\right)+\\ +\frac{\partial}{\partial y}\left(\mu\frac{\partial \overline{w}}{\partial y}-\rho\overline{w'v'}\right)+\\ +\frac{\partial}{\partial z}\left(\mu\frac{\partial \overline{w}}{\partial z}-\rho\overline{w'w'}\right)\end{array}\right]. \quad (3)$$

и уравнения неразрывности для осредненного движения:

$$\frac{\partial \overline{u}}{\partial x}+\frac{\partial \overline{v}}{\partial y}+\frac{\partial \overline{w}}{\partial z}=0.. \quad (4)$$

При этом составляющие скоростей представляются в виде суммы осреднённых по времени скоростей и пульсационных скоростей согласно формуле $\varphi=\overline{\varphi}+\varphi'$,

где $$\overline{\varphi}(x,y,z,t)=\frac{1}{T}\int_{-T/2}^{T/2}\varphi(x,y,z,t)d\,t \quad (5)$$

в котором T – период осреднения. Поскольку число неизвестных величин

$$\left(\overline{u},\overline{v},\overline{w},\overline{p},\overline{u'^2},\overline{v'^2},\overline{w'^2},\overline{u'v'},\overline{u'w'},\overline{v'w'}\right)$$

больше числа уравнений, то система уравнений Рейнольдса является незамкнутой. Для ее замыкания используются эмпирические соотношения, называемые «моделями турбулентности», которые связывают характеристики турбулентности со скоростями среднего течения. При численном моделировании отрывных течений в рамках данной работы использовалась модель турбулентности $k-\omega$ SST Ментера [6, 7]. Жидкость принималась несжимаемой. На твердых стенках задавались граничные условия непротекания и условия прилипания жидкости. Построение геометрии рабочей части гидродинамической трубы и исследуемых моделей, выбор параметров расчетных сеток, а также сами расчеты были проведены с помощью современного пакета программ гидродинамического анализа STAR CCM+. Расчетная сетка содержала более 2 млн. конечно-объемных элементов.

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сравнения результатов эксперимента (рис. 4 и рис. 1) и численного расчета (рис. 2 и рис. 5) показывает соответствие формы отрывных зон,

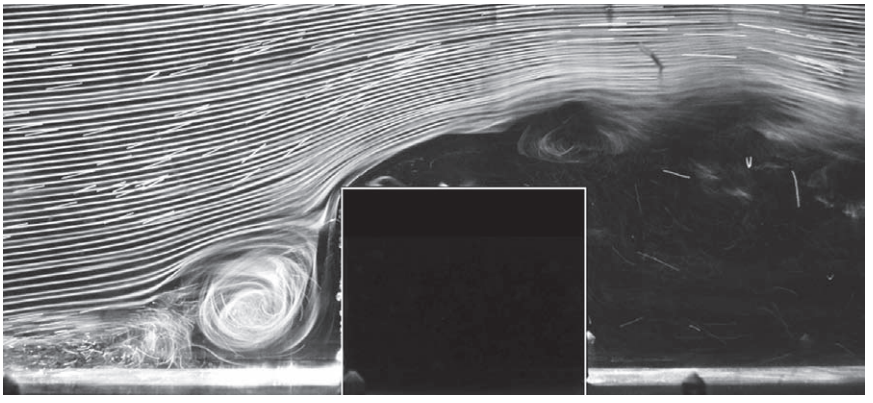


Рис. 4. ***Визуализация обтекания прямоугольного контура без уступа, стоящего на плоскости***

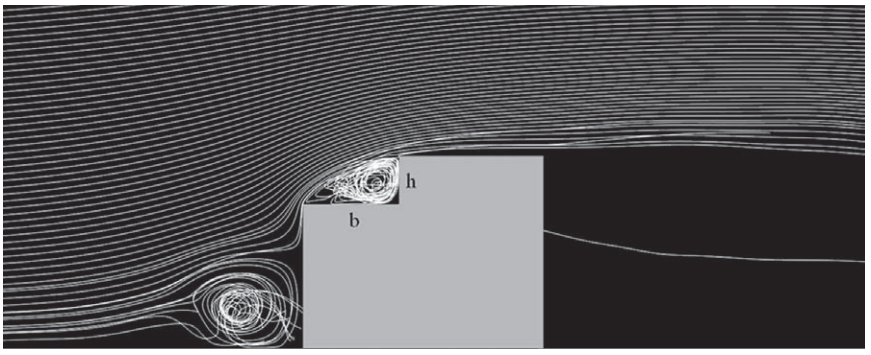


Рис. 5. ***Расчет обтекания контура с уступом с соотношением h/b=1/2***

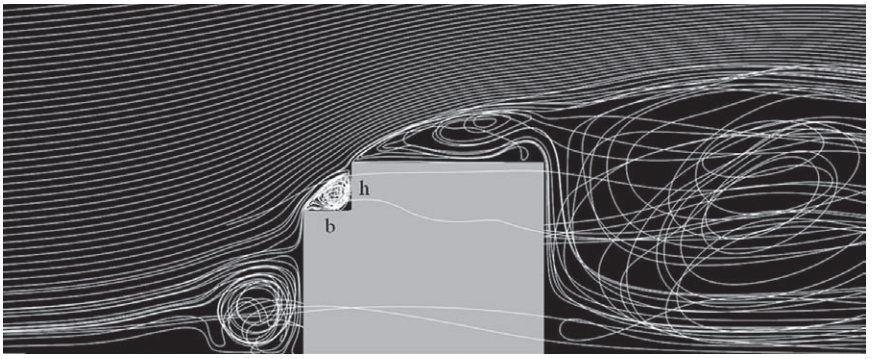


Рис. 6. ***Расчет обтекания контура с уступом с соотношением h/b=1***

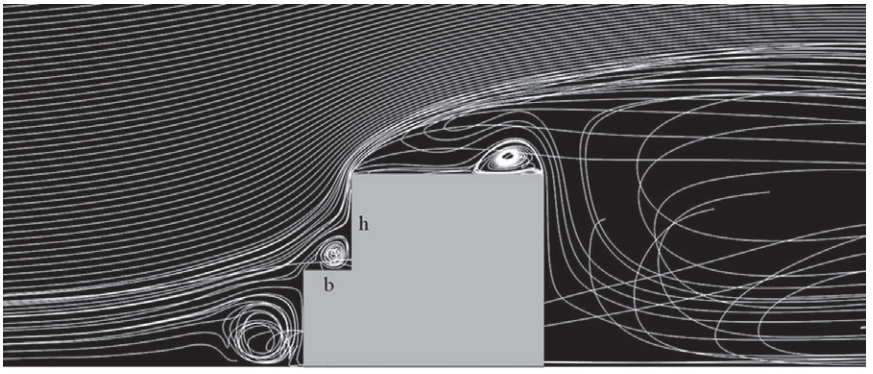


Рис. 7. ***Расчет обтекания контура с уступом с соотношением h/b=2***

что позволяет сделать вывод о возможности изменять зону отрыва потока с помощью уступа, размещенного на обтекаемой поверхности.

Результаты расчета отрывных зон совпадают с экспериментальными данными с достаточно хорошей точностью, поэтому подбор геометрических параметров уступа с целью предотвращения развитого отрыва потока с конкретной судовой конструкции в дальнейшем возможен с помощью расчетов.

В связи с этим определенный интерес представляет численное исследование влияния параметров уступа на зону отрыва, результаты которого показаны на рис. 5, рис. 6 и рис. 7. Представленные материалы показывают, что варьирование геометрических параметров уступа позволяет изменять параметры отрыва потока на поверхностях с фиксированной начальной границей отрывной области. При этом может быть существенно уменьшен поперечный размер отрывной области, что представляет практический интерес при проектировании конструкций надстроек надводной части судов с точки зрения задымляемости и полетов вертолетной техники.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований показали возможность уменьшения поперечного размера зоны отрыва с обтекаемой поверхности с помощью уступа. Применение данного результата представляет практический интерес при формировании архитектурного облика надводной части судна, обеспечивающего комфортные условия работы экипажа и безопасность взлетно-посадочных операций.

В связи с возросшими требованиями к эксплуатационным качествам морских судов необходимо уже на ранних стадиях проектирования производить численную оценку особенностей обтекания надводной части судов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев В.В.* Выполнение полетов с авианесущих кораблей на вертолетах КА-27, Ка 29. – М., 2013.
2. *Seshadri V., Singh SN., Kulkarni Cdr PR.*, Study of problem Exhaust Smoke Ingress into GT In takes of a Naval Ship. Indian Institute of Technology Delhi, 2006.
3. *Пономарев А.В., Гузеев А.С., Тюшкевич В.А.* Методы визуализации обтекания тел в судостроительном эксперименте. – СПб: Изд-во ЦНИИ «Румб», 1987.
4. *Гузеев А.С.* Исследования отрывного обтекания судовых конструкций методами визуализации течений.– Тр. 2-й Международ. конфер. по морским интеллектуальным технологиям «МОРИНТЕХ-97». – СПб., 1997.
5. *Werle H.* Le Tunnel Hydrodynamique au Servise de la Recherche Aerospatiale // ONERA, France. 1974. – Publ. 156.
6. *Воробьев А.С.* Разработка метода численного определения поля скоростей в кормовой оконечности подводного аппарата при малых углах атаки. – Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. – СПб., «Крыловский государственный научный центр», 2013.
7. *Лобачев М.П., Овчинников Н.А., Пустошный А.В.* Численное моделирование работы гребного винта в неоднородном потоке // Тр. ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова. – 2009.– Вып. 49.
8. *Шлихтинг Г.* Теория пограничного слоя. – М., 1969. ■

ТОЛЬКО ПРЯМОЕ ДЕЙСТВИЕ. НЕОБХОДИМО ПРЕКРАТИТЬ ПРАКТИКУ ВКЛЮЧЕНИЯ В ФЕДЕРАЛЬНЫЕ ЗАКОНЫ МНОГОЧИСЛЕННЫХ ОТСЫЛОЧНЫХ НОРМ

И.Л. Вайсман, *эксперт Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области, контакт. тел. (812) 336 4066*

Любое предприятие, в том числе и работающее в сфере морского бизнеса, вынуждено отвечать на главные вопросы своего времени для обеспечения устойчивого существования: что производить, для кого и по какой цене?

Для получения достоверного ответа требуется прежде всего обеспечить конкурентоспособность технической документации на продукцию, необходимую заказчику (потребителю), ее соответствие мировому научно-техническому уровню. А для достижения целей нужно осуществить модернизацию и техническое перевооружение своего производства, так как высокотехнологичную, новую по многим параметрам продукцию нельзя делать на устаревших мощностях по старым технологиям, а также перейти на современную организацию работы на предприятии, позволяющую в установленные сроки изготовлять конкурентоспособную, безопасную для потребителя и окружающей среды продукцию.

Решению перечисленных задач и проблем развития конкретного российского промышленного предприятия мешают несовершенство и нестабильность действующих нормативно-правовых актов, их серьезное отставание от требований высшего руководства страны обеспечить соблюдение баланса интересов бизнеса и государства.

Предприятия разных отраслей отмечают недостаточно отработанное содержание федеральных законов и наличие многочисленных подзаконных актов к ним; противоречивые действия надзорных органов, часто дублирующих друг друга; отсутствие мотивации предприятий на создание за счет собственной прибыли и внебюджетных заемных средств (под нормальные проценты!), новых высокотехнологичных рабочих мест и освоение выпуска современной конкурентоспособной продукции. Действующие нормативные акты экономически не стимулируют российские компании на развитие кооперации с малыми и средними предприятиями, на снижение собственных затрат, на создание интегрированных структур для освоения выпуска новой конкурентоспособной на мировом рынке продукции.

Риски из-за несовершенства и неоднозначного толкования законов и нормативно-правовых актов различными ведомствами остаются большими, что не соответствует требованиям времени и задаче ухода экономики страны от сырьевой зависимости. Промышленные предприятия полагают также, что необходимо значительно улучшить кредитную политику государства и Центробанка России в отношении взаимодействия российских банков и российских компаний, реализующих инвестиционные проекты развития и переоснащения своих мощностей.

Кредитная нагрузка на российские предприятия, реализующие на собственные и привлеченные средства приоритетные проекты развития и импортозамещения (после экспертизы достоверности бизнес-планов), не должна превышать 5–6% годовых.

На собраниях Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области, объединяющей около 60 предприятий и организаций отрасли, неоднократно обсуждался вопрос о необходимости внесения изменений в ряд действующих федеральных законов, которые создадут правовые условия для ускорения развития промышленных предприятий и увеличения объемов выпуска в России современной высокотехнологичной оборонной и гражданской продукции мирового уровня.

Некоторые действующие законы содержат положения, направленные на создание условий для увеличения объемов строительства на российских верфях морских судов для обновления транспортного и рыбопромыслового флота. Но, к сожалению, в этих федеральных законах (которые по Конституции РФ имеют статус законов прямого действия) по-прежнему предусмотрен ряд отсылочных норм (не менее пяти), которыми законодатель поручил Правительству РФ разработать подзаконные акты, содержащие конкретные механизмы реализации ключевых положений закона.

Разработка правительством подзаконных актов длится, как правило, от 8 до 15 месяцев, что существенно задерживает сроки начала реального применения норм принимаемых законов, а их содержание далеко не всегда соответствует основным положениям федерального закона (происходит трактовка, толкование положений закона исполнительным органом, что крайне нежелательно и контрпродуктивно). При этом часто не обеспечивается срок выполнения поручений высшего руководства страны по разработке этих подзаконных актов.

На этот серьезный системный недостаток было указано в Послании Президента РФ Федеральному Собранию еще 20 лет назад: «... Россия нуждается прежде всего в базовых, системообразующих законах». Однако, несмотря на то, что Федеральное Собрание принимает немало законов, многие из них не относятся к числу остро необходимых.

По-прежнему законы изобилуют отсылочными нормами, что создает обширное поле для подзаконного нормотворчества. Законы фактически перестают быть актами прямого действия....

Порядок в законотворчестве должен быть подкреплен жесткой дисциплиной ведомственного нормотворчества. К сожалению, еще сильна инерция прошлого – издание излишних нормативных ведомственных актов. Эта инерция подпитывается тем, что большинство государственных служащих по-прежнему руководствуются не законами, а инструкциями. Многие ведомственные акты либо повторяют нормы законов, указов президента и постановлений правительства, либо противоречат им, извращают их суть...».

Приведенные выше недостатки в нормотворчестве и системе управления экономикой страны полностью еще не устранены, на что Президент России В. В. Путин постоянно обращает особое внимание Федерального Собрания в своих Посланиях.

По инициативе В. В. Путина в настоящее время разрабатываются новые нормативные акты, касающиеся развития морских сфер деятельности, в том числе связанные с внесением изменений и дополнений в федеральный закон «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов». Законом от 3 июля 2016 г. № 349-ФЗ предусмотрены дополнительные меры, направленные на стимулирование инвестиционными квотами обновления рыбопромыслового флота страны судами, построенными на российских судостроительных верфях. Подзаконный акт – Постановление Правительства РФ о механизме реализации основных положений федерального закона – разрабатывается, но на момент сдачи номера в печать еще не принят.

Учитывая высокую сложность данного вопроса, было бы целесообразно предложить законодателям осуществить более детальную разработку законопроекта

с привлечением соответствующих специалистов-практиков в рабочую группу Государственной Думы и принять его окончательно (и без отсылочных норм) после апробации на конкретных примерах реализации пилотных инвестиционных проектов строительства современных рыбопромысловых судов (трех типоразмеров – малых, средних, больших) на российских судостроительных верфях. Сформулировать четкие обязательства трех сторон – заказчика судна, российской верфи-строителя и государства, выделяющего инвестиционные квоты в расчетном размере. Тогда уверенность в работоспособности принимаемого федерального закона прямого действия была бы намного выше, а финансовые риски участников проектов – намного меньше.

Особого внимания, по мнению Ассоциации, заслуживает вопрос о строительстве в ближайшие годы на российских верфях современных научно-исследовательских судов для отраслевых институтов Росрыболовства в целях восстановления морских ресурсных исследований состояния биоресурсов в экономической зоне и на континентальном шельфе России, а также (обязательно!) в Мировом океане. Ассоциация считает, что позиции России по этой серьезнейшей проблеме в интересах продовольственной безопасности страны надо срочно восстанавливать, изыскав способ ее решения, в том числе за счет привлечения необходимых внебюджетных инвестиций под государственные гарантии.

Судостроители готовы участвовать в деятельности рабочих групп Федерального Собрания вместе с ответственными представителями ведущих промышленных предприятий, научных центров–разработчиков современной продукции, заинтересованных министерств и ведомств, администрации соответствующих регионов страны и Агентства стратегических инициатив по продвижению новых проектов (АСИ), деятельность которого реально способствовала преодолению административных барьеров и ускорению реализации перспективных проектов в последние годы. Перечисленные представители-специалисты должны привлекаться в состав рабочих групп для всестороннего обсуждения и отработки содержания основных положений представленных Государственной Думой законопроектов, а также механизмов их реализации (с апробацией при необходимости на примере деятельности конкретных предприятий и организаций).

Ассоциация направила в Администрацию Президента РФ свои предложения о необходимости разработки Федеральным Собранием и представления Президенту РФ на утверждение законов прямого действия, в которых нет многочисленных отсылочных норм, но которые содержат конкретные механизмы реализации основных положений закона и меры ответственности за их ненадлежащее исполнение. Судостроители и наши партнеры (предприятия-поставщики судового оборудования из смежных отраслей промышленности) уверены, что системная практика утверждения федеральных законов прямого действия без отсылочных норм существенно повысит качество управления процессом развития промышленности и других отраслей экономики России. ■

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ И ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА СУДОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ГРАЖДАНСКОМ СУДОСТРОЕНИИ

А.С. Соловьев, *ген. директор ПАО «Выборгский судостроительный завод», председатель Союза машиностроителей Ленинградской области, контакт. тел. (813 78) 264 32, 286 86*

В последние несколько лет тема импортозамещения стала чрезвычайно популярной, и ее обсуждают исключительно широко. Большое внимание уделяется политическому аспекту вопроса, где процесс импортозамещения и государственной поддержки отечественного бизнеса рассматривается как самое эффективное «оружие» против недружелюбной экономической политики стран Запада, которые продолжают санкционное противостояние с Россией. Разумеется, введение секторальных санкций в определенной степени послужило стимулом к развитию отечественного производства, однако этот процесс был начат не только в связи с санкциями. Для отдельных компаний и проектов, прежде всего в сфере гособоронзаказа, санкции действительно стали серьезной проблемой, однако замещение импорта для этих целей всегда было продиктовано в основном не экономическими факторами.

На самом деле экономические стимулы здесь определяющие. Успешными являются те производства, которые были запущены вследствие всестороннего изучения внутреннего рынка и экспортного потенциала, по крайней мере, на период окупаемости вложенных инвестиций, а убыточными оказались те проекты, которые были изначально «заточены» на получение и освоение финансовой поддержки из бюджета. Из этого следует, что залог успеха – экономически грамотно построенный бизнес, а не использование политических лозунгов для необоснованной траты бюджетных денег.

В судостроении проблема зависимости от импорта есть, эта зависимость велика, но не настолько критична, чтобы утверждать, что это основное препятствие для строительства судов и дальнейшего развития отрасли. За последнее десятилетие большинство судостроительных предприятий провели модернизацию собственных производств, освоив современные прогрессивные технологии. **Дальнейшая модернизация и оснащение современным технологичным оборудованием, как отечественным, так и импортным, не представляет собой такую проблему, на которую следует обращать особое внимание и выделять большие средства из бюджета на поддержку импортозамещающих разработок, особенно когда эти разработки завершаются не серийным производством, а выпуском всего лишь опытного образца, который не дает никаких преимуществ по сравнению с импортным аналогом, а стоит в разы больше него**. Нам неизвестны факты ограничений зарубежных поставок современного технологического оборудования, программного обеспечения для проектирования или управления производственными процессами, связанных с санкциями, и мы не поддерживаем мнение об обязательном использовании только отечественных продуктов, если это не является выгодным по уровню качества и по цене.

Зависимость нашего судостроения от импорта материалов, комплектующих и оборудования для строительства судов, кораблей и другой морской техники пока еще значительная. Ограничения поставок из-за рубежа, связанных с санкциями, создают определенные проблемы при строительстве оффшорной техники, а также кораблей. В строительстве судов гражданского назначения объем импорта материалов, комплектующих и оборудования на настоящий момент также пока еще большой, но по некоторым направ-

лениям имеет устойчивую тенденцию к уменьшению. Доля импорта стального и алюминиевого проката, труб из стали и цветных металлов, кабельной продукции и некоторых других материалов за последние годы уменьшилась в разы и составляет сейчас 15–20% от общего количества потребления. В то же время основное оборудование: главные двигатели, дизель-генераторы, редукторы, рулевые машины, лебедки, насосы, сепараторы, различные установки обработки сред, краны, спасательные средства и другое оборудование – то, что составляет большую часть стоимости судов – в основном импортное. В некоторых проектах судов процент импортного оборудования доходит до 80%. Это означает, что для судового машиностроения есть рыночный спрос и потенциальная возможность создания и развития прибыльного бизнеса. **Именно рентабельность, а не абстрактные рассуждения о том, что все нужно производить в России «в пику» Западу, позволит успешно реализовать самые серьезные импортозамещающие производства судового машиностроения.**

Проблема зависимости от импорта в российском судостроении возникла в результате спада объемов строительства судов в 90-х гг., когда специализированные предприятия судового машиностроения из-за отсутствия спроса на их продукцию перестали быть рентабельными и конкурентоспособными с зарубежными поставщиками. Рост объемов строительства судов, наблюдаемый на протяжении последних лет, позволяет надеяться на то, что возрождение российского судового машиностроения имеет хороший потенциал. Для реализации этого потенциала необходим системный подход к организации производства судового оборудования и комплектующих, с обязательным учетом потенциальных объемов внутреннего рынка, экспортного потенциала и основанного на рыночной конкурентоспособности.

В рамках ФЦП «Развитие гражданской морской техники» (РГМТ) были выполнены некоторые исследовательские работы по данному направлению, такие как:

- НИР «Импортозамещение» – определение основных направлений импортозамещения и номенклатуры изделий судового комплектующего оборудования для транспортных и промысловых судов и морских шельфовых сооружений, подлежащих созданию и производству в России;
- НИР «Комплектация» – анализ состояния и разработка предложений по координации основных направлений развития приборостроительного и машиностроительного производства судостроительной промышленности и их взаимодействия со смежными отраслями промышленности;
- НИР «Дизель-Судно» – разработка и обоснование технических предложений по совершенствованию и применению перспективных дизельных энергетических установок для судов различного назначения и др.

Мы считаем, что результаты этих исследований и научные выводы должны стать доступными для всех потенциальных производителей и потребителей изделий судового машиностроения и использованы для принятия разумных решений. К большому сожалению, такая информация остается доступной только для узкого круга специалистов, что, как нам кажется, не отвечает первоначальной цели таких работ.

Важной проблемой, тормозящей организацию и развитие производства судового машиностроения, является отсутствие полной и объективной информации о текущем и перспективном спросе у потенциальных производителей, а также о возможностях производителей у судовладельцев и судостроительных компаний. Эти проблемы связаны с отсутствием или ослаблением связей между машиностроительными и приборостроительными предприятиями с предприятиями судостроительной промышленности и судоходными компаниями, а также отсутствием каких-либо общих интернет-порталов или других информационных ресурсов, которые легко могли бы расширить информативность о спросе и предложениях. Подобные информационные интернет-порталы о типовом оборудовании и производителях созданы в Германии, Норвегии, Китае и в других странах. Такие информационные ресурсы можно создать на базе Минпромторга или Объединенной судостроительной корпорации.

Рассмотрим основные условия импортозамещения и некоторые практические аспекты их реализации:

1. Производство судового комплектующего оборудования в России должно быть дешевле его импорта. Этого можно достигнуть за счет сравнительно невысокой себестоимости продукции, высокого курса рубля, упрощенной логистики, мер государственного стимулирования (например, введения заградительных пошлин на отдельные виды продукции).

В то же время выгода от снижения себестоимости появится только при условии грамотного управления этими процессами, постоянной практической работе над уменьшением накладных расходов, повышении производительности труда на каждом отдельно взятом предприятии. К сожалению, во многих случаях предприятия, провозгласившие политику импортозамещения, рассчитывают главным образом на получение прямой финансовой помощи от государства или на создание тем же государством искусственных преференций в виде 15%-ной ценовой «форы» при проведении закупок. Разумеется, оставляя без внимания тот факт, что крупные зарубежные поставщики, наладившие у себя эффективную систему снижения издержек, как правило, способны преодолеть и не такие препятствия, а прямое государственное финансирование, не сопровождающееся внутренними мероприятиями по снижению себестоимости, неминуемо превратится в неэффективное расходование государственных денег.

Упрощенная логистика действительно серьезно влияет на стоимость конечного продукта. Осуществление поставок внутри России, между относительно недалеко расположенными друг от друга предприятиями способно существенно снизить сроки поставки и транспортные расходы. Кроме того, исключение временных затрат на таможенное оформление товаров (занимающее в случае с импортом неоправданно долгое время) также положительно влияет на эффективность и стоимость поставок. Однако и здесь надо учитывать огромные размеры России. Если поставки в европейской части страны будут дешевле и проще в логистике, чем, например, поставки из Южной Европы или, тем более, Юго-Восточной Азии, то поставка, скажем, из Северо-Западного региона на Дальний Восток экономически эффективной не будет никогда как по причине транспортных рисков на столь значительном расстоянии, так и потому, что доставка товара из Китая или Кореи однозначно будет дешевле и быстрее.

Несколько слов надо сказать и о мерах государственного стимулирования, таких как введение заградительных пошлин или прямая государственная помощь. Как уже неоднократно говорилось, они будут эффективными только в том случае, если предприятия-реципиенты такой помощи будут доказывать их успешность непосредственными практическими результатами (увеличение выручки, количество заключенных новых контрактов, снижение издержек и т. п.), не абстрактными отчетами по выполнению или невыполнению разнообразных ОКР. Значение имеют только те прикладные работы, только те траты государственных средств, которые привели к конкретному практическому результату и осязаемой выгоде (разумеется, это не относится к фундаментальным исследованиям). Меры государственной поддержки должны помогать российским производителям развиваться,

стимулировать конкуренцию с иностранными поставщиками, а не искусственно выводить последних «из игры».

2. Импортозамещение в производстве судового комплектующего оборудования должно предполагать наличие достаточно широкого рынка сбыта продукции в России. Если спрос на товар составляет несколько десятков единиц в год, а затраты на его производство, как правило, одинаково высоки, положительного экономического результата это не даст, а значит, и весь проект обречен на неудачу. При этом спрос должен быть подтвержден практически, на уровне заключенных контрактов или, по крайней мере, предварительных соглашений. Абстрактные перспективы производителя, рискующего деньгами, не устроят.

Отсюда, кстати, и нежелание многих иностранных поставщиков локализовывать производство в России. Когда в начале 2000-х у нас началась массовая локализация производства иностранных автомобилей (в результате, кстати, очень грамотной реализации государством стратегии развития автомобильной отрасли), все понимали, что Россия входит в десятку крупнейших мировых потребителей машин. И рынок сбыта здесь всегда будет если не основным, то, по крайней мере, приоритетным.

В сфере же производства высокотехнологичного судового оборудования российский рынок, исчисляемый долями процента в мировом судостроении, никому не интересен настолько, чтобы размещать здесь производственные мощности, как, например, в Юго-Восточной Азии. Тот же «Транзас» представляет собой очень успешный пример не импортозамещения, а превращения изначально российской компании в транснациональную корпорацию, для которой основную выручку генерирует отнюдь не российский рынок.

Пока что успешными (за редкими исключениями, о чем будет сказано ниже) являются те компании, которые начали импортозамещающее производство (либо локализовали в России иностранное производство) относительно массовых и, увы, не особенно высокотехнологичных товаров, в том числе пригодных для использования в нескольких отраслях, а не только в судостроении – некоторые виды судовой арматуры, продукция МСЧ, кабеленесущие конструкции, материалы и оборудование для обстройки жилых помещений, судовая изоляция, мебель.

3. Еще одним немаловажным аспектом, который необходимо учитывать при организации производства, замещающего импорт оборудования для судов, является то, что выбор некоторых позиций определяется не только проектантом и судостроительной компанией, но и судовладельцем. Для судовладельца в таких случаях важными свойствами оборудования будут надежность, ремонтопригодность и взаимозаменяемость, подтверждение которых будет проблематично при рассмотрении нового поставщика или совершенно нового изделия. Проще говоря, **среднеоборотные двигатели нового российского производителя будут покупать только тогда, когда их надежность будет подтверждена достаточным опытом эксплуатации на конкретных судах, качество будет не ниже качества известных зарубежных производителей (Wärtsilä, MAN или Caterpillar), запасные части для ремонта будут также доступны, как и названных производителей, а цена ниже.**

Аналогичные требования предъявляются и к другому высокотехнологичному оборудованию. Представляется, что в таких случаях целесообразно сделать ставку не на разработку «с нуля» нового оборудования, а на привлечение передовых мировых производителей в режиме локализации производства отработанных моделей оборудования на территории России. Такой подход позволит не только быстро насытить потребности российского рынка, но и выйти на экспортные поставки, что обеспечит рентабельность и снизит риски инвестиций.

Локализация производства высокотехнологического оборудования имеет ряд неоспоримых преимуществ, а именно:

- производится российский продукт в соответствии с мировым техническим уровнем качества;
- применяются современные решения, соответствующие требованиями мирового рынка;
- передается технические и технологические «know-how» в Россию;
- развиваются локальный инжиниринг, техническая поддержка и сервис;
- создаются новые рабочие места;
- создается долговременная стратегия производства.

Успешными примерами локализации производства судового оборудования можно считать созданное Центром Пропульсивных Технологий АО «ЦС «Звёздочка» производство винторулевых колонок и подруливающих устройств, производство судовых дизель-генераторов различной мощности (Морские Пропульсивные Системы), производство лебедок (Выборгский машиностроительный завод), а также некоторые другие производства менее сложного оборудования. Опыт этих компаний должен быть изучен, систематизирован и применен в аналогичных случаях. Однако номенклатура высокотехнологического оборудования для судов и другой морской техники очень большая, и рентабельное производство всех образцов такого оборудования, особенно того, которое ранее не производилось в России, представляется проблематичной, а производство любой ценой – нецелесообразным.

В разных публикациях по вопросам импортозамещения можно встретить утверждения, что «импортозамещение представляет собой экономическую стратегию и промышленную политику государства, направленную на защиту отечественного производителя путем стимулирования замещения импортируемых товаров широкой номенклатуры товарами национального производства».

Изучив, пожалуй, основной из документов, регламентирующий эти вопросы – Постановление Правительства РФ от 17 июля 2015 г. № 719 «О критериях отнесения промышленной продукции к промышленной продукции, не имеющей аналогов, произведенных в Российской Федерации» и все изменения на 17 января 2017 г., сложно сказать, что есть решение вопроса замещения импорта судового оборудования и комплектующих.

С уверенностью, однако, можно утверждать, что объявление такой государственной программы послужило положительным толчком к более лояльному и более внимательному, чем раньше, отношению судостроителей и судовладельцев к российским поставщикам оборудования и комплектующих. Также можно отметить более высокую активность производителей судового оборудования в процессах закупок, их более активную рекламную деятельность и значительный рост инвестиций в развитие производств судового оборудования и комплектующих. На нашем заводе за последние три года объем поставок судового оборудования, комплектующих, а также услуг российских компаний вырос более чем на 15%.

У отечественных судостроителей есть спрос на отечественное судовое комплектующее оборудование – главное, чтобы оно ни в чем не уступало импортному.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Правительства РФ от 17 июля 2015 г. № 719 «О критериях отнесения промышленной продукции к промышленной продукции, не имеющей аналогов, произведенных в Российской Федерации» (с изменениями на 17 января 2017 г.).
2. *Половинкин В. Н., Игошин Е. В., Тарица Г. В.* Отечественное судовое машиностроение. Перспективы и проблемы развития в условиях введенных санкций. Меры по снижению их негативного воздействия // Атомная стратегия XXI. – 2015. – № 103 (июнь). – С. 28–31.
3. *Соловьев А. С.* Практические аспекты и перспективы импортозамещения и локализации производства судового комплектующего оборудования в гражданском судостроении. – Доклад на IV Международ. конфер. «Российское судостроение. Импортозамещение», 6 апреля 2017 г, Санкт-Петербург. ■

НЕКОТОРЫЕ ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ИЛЛЮМИНАТОРОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Н.М. Вихров, *д-р техн. наук, проф.,*
ген. директор ЗАО «Канонерский судоремонтный завод»,
В.П. Лянзберг, *канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, начальник науч. группы МАИ (Национального исследовательского университета),*
контакт. тел. +7 (915) 222 2977

Под иллюминатором подразумевается сборка светопрозрачного элемента и обоймы с помощью вспомогательных элементов. В настоящий момент в отечественных аппаратах и барокамерах в качестве светопрозрачного материала используется органическое, неорганическое стекло и кристалл-лейкосапфир. Стеклоэлементы выполнены в форме усеченного конуса, диска и оболочки. Под иллюминатором высокого давления будем подразумевать конструкции с испытательным давлением превышающим 15 МПа. В работах [1–3, 6–15, 17–21] приведены основные результаты разработки конструкций илллюминаторов и исследования их несущей способности со всеми вышеуказанными материалами и формами стеклоэлементов при различных видах нагружения. Полученные результаты дают основания для проектирования и оценки несущей способности существующих конструкций, которые можно условно разделить на две группы:

- изделия, несущая способность которых в равной степени определяется методом соединения стеклоэлемента и обоймы, ее геометрическими параметрами и технологией сборки.
- иллюминаторы, несущая способность стеклоэлементов которых незначительно зависит от габаритных размеров обоймы и определяется геометрией контактной поверхности сопрягаемых элементов.

К *первой группе* следует отнести сборки со светопрозрачным элементом в форме диска и сектора сферической оболочки из органического и неорганического стекла, которые являются частью силового корпуса аппарата. Конструкция такого класса иллюминаторов должна обеспечивать благоприятное напряженное состояние стеклоэлемента при различных режимах работы. Такие условия можно получить методом соединения обоймы и светопрозрачного элемента. При этом метод соединения должен включать и определение конкретных геометрических параметров сопрягаемых элементов, а также технологию сборки. Точность определения этих параметров имеет определяющее значение. Поэтому выбор модели для оценки несущей способности и метода решения – одна из ключевых задач проектирования. Модель должна учитывать совместное деформирование всех сопрягаемых элементов конструкции и определять условия передачи благоприятной нагрузки на стеклоэлемент на различных этапах воздействия гидростатического давления. Необходимо учитывать деформацию не только опорного основания, а обоймы в целом.

Наиболее полные исследования влияния податливости обоймы на несущую способность конструкций со стеклоэлементом в форме сектора сферической оболочки из органического и неорганического стекла приведены в работах американских исследователей [17–19].

В проведенной серии экспериментов, результаты которых приводятся далее, показано значение точности определения податливости обоймы на примере иллюминаторов со светопрозрачным элементом в форме диска.

Экспериментальные исследования. Испытывались иллюминаторы со стеклоэлементом из органического стекла СО-120 и неорганического стекла К8 одинакового размера: диаметром 120 мм и высотой 30 мм. Во всех конструкциях использовались обоймы из сплава В95. Применялся метод соединения с применением обжимных шайб [4, 14], который позволяет реализовать благоприятное для обоих материалов условия работы стеклоэлемента (сжимающие напряжения) при воздействии гидростатического давления и максимально устранить влияние дефектов материала. Для образцов со стеклоэлементом из силикатного стекла обжимная шайба выполнялась из органического стекла, а при использовании последнего в качестве материала светопрозрачного элемента – из полиэтилена низкого давления. Между обоймой и стеклоэлементом устанавливалась прокладка из паранита. По характеру ее деформации можно было определить равномерность и площадь их контакта.

Экспериментальная установка [9] позволяла проводить наблюдения за процессом разрушения и измерением осевого смещения ненагруженного основания. Исследования проводились при кратковременном воздействии гидростатического давления, признанные как базовые при изучении несущей способности иллюминаторов.

В процессе экспериментальных исследований изменялась податливость обоймы иллюминатора за счет изменения светового диаметра и толщины опорного основания. Толщина цилиндрической части обоймы, как правило, определяется минимальным необходимым размером для закрепления поджимной крышки иллюминатора. Поэтому в процессе исследований она не менялась, так же как и другие параметры, отмеченные в [12, 13], определяющие несущую способность и технология сборки. В качестве исходного соотношения между световым диаметром $D_{св}$ и диаметром стеклоэлемента D было принято соотношение $\lambda = D_{св}/D = 0{,}7$, предусмотренное в [5].

Давление нарушения целостности $P1$ стеклоэлемента из неорганического стекла К8 при $\lambda = 0{,}7$ на жестком основании – 20 МПа. Для образцов с таким же значением $\lambda = 0{,}7$ при оптимальном подборе податливости обоймы (толщины опорного основания) – 45 МПа. В момент нарушения его целостности в обоих случаях образовывалась трещина со стороны низкого давления и герметичность иллюминатора не нарушалась.

Под нарушением целостности светопрозрачного элемента из органического стекла будем понимать как образование вмятины по контуру светового диаметра $D_{св}$, так и трещины в его материале. Первый тип разрушения характерен для образцов с жесткой обоймой. При ее оптимаьной податливости разрушение аналогичено разрушению образца из силикатного стекла. Величина $P1$ составила 50 МПа. Данный результат удалось получить только при отношении $\lambda = 0{,}5$. Для конструкци со стеклоэлементом из неорганического стекла при $\lambda = 0{,}5$ давленние нарушения целостности $P1$ состовило 60 МПа. При этом толщина опорного основания обомы существенно отличалась от иллюминатора со стеклоэлементом из СО-120.

Отметим небольшую разницу в величине $P1$ и характере разрушения светопрозрачного элемента из силикатного и органического стекла при создании необходимого вида его напряженного состояния конструктивными мерами (рис. 1, *а, б*).

Методы расчета, учитывающие лишь гидростатическую нагрузку на светопрозрачный элемент и его условия закрепления в его крайнем положении, не могут дать достаточной информации. Например, в [21] для оценки работоспособности

а)

б)

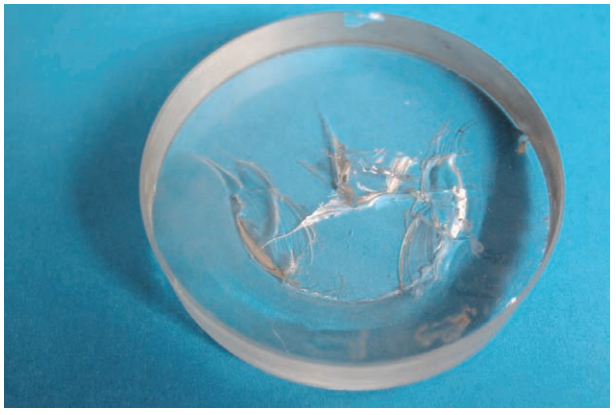


Рис. 1. ***Разрушение стеклоэлемента: а – из органического стекла СО-120Э, б – из стекла К8***

дискового иллюминатора предложено рассматривать толстую круглую пластину при воздействии гидростатического давления с опорой по световому диаметру. Такая модель не решает задачи проектирования.

По-видимому, стеклоэлементы данной группы не должны непосредственно устанавливаться в силовой корпус аппарата или барокамеры. При замене материала светопрозрачного элемента даже одного вида (например, К8 на кварцевое) при сохранении его размера и габаритных размеров обоймы и ее материала необходимо корректировать геометрические параметры последней для сохранения запаса прочности. Для плоских дисковых иллюминаторов наиболее эффективным способом может быть незначительное изменение толщины опорного основания.

При замене материала обоймы, например алюминиевого сплава на титан или сталь, и сохранении размеров и материала стеклоэлемента также следует внести коррекцию ее геометрических параметров.

Ко *второй группе* по подходу к проектированию следует отнести иллюминаторы со светопрозрачным элементом из низкомодульных материалов, непосредственный контакт с обоймой которых происходит по конической поверхности – плоские конические иллюминаторы и конструкции со светопрозрачным элементом в форме сферического сектора меньше 150° и не являющиеся составной частью силового корпуса объекта.

Большая разница значений модуля упругости материала обоймы и стеклоэлемента приводит к значительному относительному осевому перемещению по поверхности контакта металл–пластик при воздействии гидростатического давления как при его постоянном увеличении до момента нарушения целостности стеклоэлемента – *P1* (кратковременном нагружении) , так и при постоянной величине (длительном нагружении) начиная с определенного его значения – *P2*.

Для иллюминаторов с рабочим давлением выше 10 МПа (высокого давления) зависимость $P(w)$ величины давления P от осевого смещения поверхности низкого давления w при кратковременном воздействии гидростатического давления имеет явно выраженный переход от первоначального линейного характера к нелинейному. Обозначим величину этого давления $P_{л}$, а соответствующее значение осевого смещения – $w_{л}$. Поведение материала при этом не является пластическим до момента разрушения [9] .

В зависимости от коэффициента трения в контактной зоне металл–пластик, определяющего проскальзывание стеклоэлемента, давление нарушения его целостности может меняться на 15–20%. При этом соответствующее осевое смещение поверхности низкого давления меняется в пределах погрешности измерения. Характер зависимости $P(w)$ остается неизменным. Например, для конических акриловых иллюминаторов со светопрозрачным элементов с углом конусности 60° и отношением толщины к меньшему диаметру, равным 0,3, величина *P1* в зависимости от качества поверхности контакта составила 49–65 МПа. Отношение $P_{л}/ P1$ оставалось в пределах погрешности измерения [9]. По-видимому, величину $P_{л}$ можно использовать для оценки несущей способности конструкции при других режимах (длительном и циклическом) и определения размеров сопрягаемой поверхности обоймы и не проводить испытаний до разрушения в случаи замены материала стеклоэлемента или обоймы при сохранении всех прочих условий эксплуатации.

Назначаемое рабочее давление $P_{раб}$ при длительном воздействии гидростатического давления $P_{раб}= kP_{лин}$, где $k <1$. Величина k определяется качеством материала, длительностью непрерывного воздействия постоянным давлением и минимальным временем между циклами нагружения. Эти параметры определяют также допустимое значение осевого смещения, время восстановления первоначальной формы [12].

Смещение стеклоэлемента за пределы границы контакта приводит к нарушению его целостности.

Деформация обоймы незначительна по сравнению со стеклоэлементом и не оказывает существенного влияния на несущую способность иллюминатора и для оценки значения *P1* ее можно не учитывать.

Нелинейный характер $P(w)$ при кратковременном нагружении не является следствием перехода материла в пластическое состояние и разрушению предшествует потеря устойчивости [11]. Решение этой задачи позволяет определить величину *P1*. Физически нелинейное поведение материала учитывается на основе касательно-модульной концепции устойчивости за пределами пропорциональности.

Изменять вид напряженного состояния стеклоэлемента можно заданием угла рассогласования между его конической поверхностью и обоймы [10, 18].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Stachiw J.D.* Critical Pressure of Conical Acrylic Windows Undes Short-Term Hydrostatic Loading, // Journal of Engineering for Industry.– 1967.– Ser B.– Vol. 89.– №3.– P.44–54.
2. *Stachiw J.D., Grau K.O.* Procurement of Safe Viewports for Hyperbaric Chambers// Journxal of Engineering for Industry.– 1971.– Ser B.– Vol. 93.– №4.– 61–73.
3. *Вихров Н.М., Лянзберг В.П.* Об иллюминатора высокого давления со светопрозрачным элементом в форме диска//Морской вестник.– 2015.– №4(56).– С.45–46.
4. *Григолюк Э.И., Мамай В.И.* Механика деформирования сферических оболочек.– М.: Изд-во МГУ, 1983, с. 114.
5. ГОСТ Р 52123–2003 Иллюминаторы для водолазных барокамер с рабочим давлением до 4,9МПа. Общие технические условия.
6. *Квитка А.Л., Дьячков И.И.* Создание работоспособного разъемного соединения в сферическом корпусе из хрупкого материала// Проблемы прочности / АН УССР.– 1979.–Сообщение 1.
7. *Квитка А.Л., Дьячков И.И.* Создание работоспособного разъем-

ного соединения в сферическом корпусе из хрупкого материала // Проблемы прочности / АН УССР.– 1979.–Сообщение 2.
8. *Квитка А.Л., Дьячков И.И.* Прочность и повреждаемость составных оболочек из стекла с различными типами разъемных соединений //Проблемы прочности / АН УССР. –1981.
9. *Лянзберг В.П., Шалашилин В.И.* Конические акриловых иллюминаторы при кратковременном нагружении // Проблемы прочности / АН УССР.– 1983.– № 11.– С.106–111.
10. *Лянзберг В.П.* Испытание конических акриловых иллюминаторов при различных углах конусности иллюминатора и фланца.– Вопросы строительной механики и прочности летательных аппаратов: Темат. сб. науч. тр./МАИ.– М., 1985.
11. *Лянзберг В.П., Шалашилин В.И.* Несущая способность конических стеклоэлементов иллюминаторов из акрила с учетом объемной потери устойчивости. // Механика твердого тела/ РАН.– 2002.– №3.– С. 164–179.
12. *Лянзберг В.П.* Несущая способность иллюминаторов из акрила с плоским основанием при воздействии гидростатического давления// Вестник МАИ.– 2003.– Т.10.– С. 71–79.
13. *Лянзберг В.П.* Акриловые иллюминаторы высокого давления со светопрозрачным элементом в форме оболочки // Вестник МАИ.– 2008.– Т. 15.–С.5–9.
14. *Лянзберг В.П.* Несущая способность оболочек из неорганического стекла при гидростатическом нагружении //Морской местник.– 2016.–№2(58).–С.47–49.
15. *Лянзберг В.П., Шалашилин В.И.* Иллюминаторы высокого давления со светопрзрачным элементом в форме диска из неорганического стекла// Вестник МАИ.– 2002.– Т. 9.–С.51–56.
16. *Малинин Н.Н.* Прикладная теория пластичности и ползучести.– М.: Машиностроение. –1968.– 400 с.
17. *Стечив Дж. Д.* Сферические акриловые прочные корпуса для подводных исследований // Конструирование и технология машиностроения. – 1971.– №3.– С. 185.
18. *Стечив Дж. Д.* Сферические иллюминатор для подводных аппаратов // Конструирование и технология машиностроения. –1979. – №3.–С. 210.
19. *Стечив Дж. Д.* Влияние температуры и фланцевого крепления на разрушающее давление для конических акриловых иллюминаторов при кратковременном нагружении// Теоретические основы инженерных расчетов. – 1972.– №4.– С. 159.
20. *Писаренко Г.С., Амельянович К.К., Каринцев И.Б.* Несущие и светопрозрачные элементы из стекла.– Киев: Наукова думка, 1987.
21. *Писаренко Г.С., Охрименко Г.М., Родичев Ю.М.* Прочность конструктивных элементов из стекла в условиях сложного напряженного состояния //Проблемы прочности / АН УССР. –1978. ■

ОШИБКИ В ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МАЛЯРНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА СУДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

С.Г.Филимонов, *ген. директор ЗАО «Концерн «Морфлот», контакт. тел. (812) 622 1031*

В современном судостроении работы по защите различных видов поверхностей от воздействия внешних сред, в том числе антикоррозионная защита корпуса, имеют большое значение как с технической и финансовой точки зрения, так и с эстетической. Причем, как показывает наша практика, эстетическая сторона вопроса более беспокоит ВМФ, в то время как торговый флот уделяет больше внимания техническим показателям покрытий, влияющих на экономические показатели эксплуатации судна. Сегодня в нашей стране строится большое количество кораблей для ВМФ России, к антикоррозионному покрытию которых предъявляются единые требования, и на которые действует гарантия в течение пяти лет. Министерство обороны РФ совершенно справедливо, согласно букве закона, требует выполнения гарантийного ремонта лакокрасочного покрытия корабля в случае проявления разнообразных дефектов в процессе эксплуатации.

В этой статье описывается типичная организация технологического процесса малярных работ и контроля их качества на крупных судостроительных предприятиях, вызывающая дополнительные издержки у заводов-изготовителей.

Процесс антикоррозионной защиты начинается с момента поступления металла на завод. К сожалению, в силу сомнительной экономии либо в силу технологических особенностей металлургических предприятий, металл приходит на судостроительный завод с высоким содержанием прокатной окалины, которую необходимо удалять для достижения высокого качества работ по антикоррозионной защите при нанесения защитных лакокрасочных покрытий. Для этого большинство заводов оборудовано дорогостоящими дробеметными линиями, на которых проходит дробеметная очистка и грунтование листов и проката в полуавтоматическом режиме, чтобы на последующих стадиях производства существенно уменьшить трудоемкость при выполнении ручной дробеструйной очистки металла открытой струей. В случае наличия окалины на поверхности металла трудоемкость его очистки для соответствия стандартам ИСО на последующих стадиях производства увеличивается более чем в 2 раза.

К слову, на передовые заводы Европы и Азии металл приходит с удаленной окалиной и нанесенным защитным покрытием, позволяющим выполнять сварочные работы без зачистки мест сварки, что «снимает» с судостроительного завода необходимость в непрофильном производстве, а также позволяет избежать дополнительно возникающих издержек на его поддержание, что, в конечном счете, сказывается на стоимости конечного изделия и рентабельности производства. Металл сразу после доставки на завод попадает на линии резки и формирования секций.

Контроль за качеством очистки на этом этапе обыкновенно ложится на плечи оператора дробеметной линии либо ОТК цеха, отвечающего за линию подготовки металла.

Затем этот металл поступает на окраску уже в составе собранных секций, где впервые и появляется инспектор компании производителя лакокрасочных материалов (ЛКМ), привлекаемый заводом для контроля за выполнением необходимых требований при нанесении защитного покрытия. На этом этапе возникает новая проблема. После очистки мест поврежденного грунта (до 50% поверхности), а повреждается он по большей части в местах сварки и правки, появляется необходимость убирать так называемые скрытые дефекты металла: заваривать вскрывшиеся каверны, убирать сварочные брызги, выполнять подварку швов, устранять подрезы и т.д. Исправлением дефектов, как правило, занимается сборочно-сварочный цех, однако металл в процессе исправле-

ния его дефектов вновь окисляется и начинает терять свою изначальную степень очистки, что впоследствии потребует повторной очистки, создающей дополнительные издержки завода, которых можно избежать. Приемка выполненных работ по очистке и окраске осуществляется в этом случае мастерами цеха.

Далее металл возвращается в окраску на стапеле в составе корпуса. К этому моменту к его антикоррозионной защите успели приложить руки несколько цехов: на входе в производство – цех предварительной очистки и грунтовки металлопроката и малярный цех, выполнивший грунтовку в секциях. После этих этапов начинается работа подрядчика, приглашенного на завод для выполнения финальной окраски в составе сформированного корпуса корабля. Работы подрядчика принимает ОТК малярного цеха завода, военное представительство, инспектор производителя ЛКМ. С целью экономии средств подрядчика просят восстановить грунт в дефектных местах (до 30% поверхности), которые появились после выполнения работ в секциях, и нанести финальные слои ЛКМ. Стоит отметить, что на этот раз ведется полный контроль всех технологических процессов: уборки солей и жировых отложений, очитки металла по стандарту ИСО до степени не ниже SA2.5, обеспыливания и нанесения покрытий по всей схеме. Однако весь контроль проводится только на местах повреждений. ВП, ОТК цеха и инспектор фирмы-поставщика ЛКМ подтверждают, что оценивают весь технологический процесс только в отношении исправленной поверхности (до 30% общей площади), в то время как на предыдущих этапах подобные приемки не проводились. По достижении двух-трех лет работы защитного покрытия начинают проявляться очевидные дефекты: пузыри, подтеки ржавчины, растрескивание покрытия и т.п. Как правило, помимо механических повреждений покрытия в ходе его эксплуатации возникают повреждения из-за оставшихся участков прокатной окалины вследствие недостаточного контроля качества на линии предварительной подготовки металла. Поскольку на заводе функции контроля качества распределены по разным службам, существенно затягивается срок выполнения работ и качество ухудшается еще и из-за разного подхода к готовности продукции у контролирующих структур – ОТК цеха дробеметной очистки металла, мастера малярного цеха, ОТК малярного цеха, инспектора производителя ЛКМ, военного представителя, ОТК подрядчика. При этом абсолютное большинство проверок касается только 30% очищенной поверхности. Стоит отметить, что подготовка поверхности – едва ли не самый важный процесс, оказывающий существенное влияние на характеристики защитного покрытия независимо от производителя материала!

Что касается гарантийных обязательств, то тут ситуация более чем неприятная для завода. В соответствии с законодательством и договором с Министерством обороны, он дает пятилетнюю гарантию на новый корабль с момента подписания акта приема-передачи корабля. К этому моменту красочному покрытию корабля уже минимум год, и заложенная проектантом схема покрытий, имеющая довольно четкий срок службы, работает до подписания вышеуказанного акта. Подрядчик также дает гарантию на сделанную работу на пять лет. Производитель ЛКМ не несет никакой гарантии, что весьма странно. Тут стоит отметить, что в Европе, да и в России, при строительстве крупных промышленных объектов именно производитель ЛКМ дает гарантию в обязательном порядке, причем не только на материал, но и на работу по его нанесению. Именно для этого и осуществляется контроль инспектором фирмы-поставщика ЛКМ. Связано это с тем, что ни завод, ни подрядчик, ни проектант не могут отвечать за защитные свойства покрытия, так как даже формула данного покрытия является коммерческой тайной производителя материала.

Таким образом, выбирая материал, выполненный не по ГОСТу, фактически основываясь на заверениях производителя, брать за него ответственность в виде гарантии нерационально. Завод может давать гарантию на сварку и на металлоконструкции, поскольку металл имеет четкую марку с характеристиками, понятными проектанту и проверенными испытаниями, а качество сварки гарантирует многоступенчатая система контроля качества завода и заказчика в лице военпреда. Таким образом, необходимо в обязательном порядке заключать договор поставки ЛКМ с гарантийными обязательствами. Перекладывание гарантийных обязательств на подрядные организации или на завод настолько же абсурдно, как требовать гарантийных обязательств с приглашенных наладчиков главного двигателя, а не с его производителя (дилера).

Ответственность должна быть распределена следующим образом – ОТК малярного производства должно:

- контролировать металл после дробеметной камеры, перед грунтованием в цеху подготовки металла и после него;
- принимать собранные металлоконструкции (секции) после окончания сборки совместно с ОТК сборочно-сварочного производства при отсутствии очевидных дефектов металла;
- принимать пооперационно качество выполненных работ малярным производством;
- принимать совместно с ОТК сборочно-сварочного производства Корпус в сборе на предмет отсутствия очевидных дефектов металла и передавать его в работу малярному производству;
- принимать пооперационно работы, выполняемые окрасочным производством после окончательной окраски корпуса корабля.

Производитель ЛКМ (дилер) должен:

- подписывать с заводом договор о предоставлении гарантии на ЛКМ и работы по его возможному восстановлению;
- контролировать ход выполнения работ; предлагать заводу технологию выполнения работ, исходя из его технических возможностей.
- военная приемка должна принимать качество выполненных работ согласно собственным регламентам, но не сверх требований производителя материала.

Выполнение данных условий позволит судостроительному заводу иметь прозрачную систему гарантийных обязательств, а значит, нести ответственность за качество работ на сформированных металлоконструкциях и их антикоррозионной защиты. ■

ОТРАСЛЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ. ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

А.В. Иванкович, *канд. эконом. наук, начальник бюро финансового контроля, планирования и анализа АО «Адмиралтейские верфи», контакт. тел. +7 (921) 377 0968*

Наука управления традиционно пользуется издавна сложившимся в экономике разделением объектов исследования на макроэкономику (законодательство, финансовая система, налоги и т. д.) и микроэкономику (взаимоотношения между самостоятельными независимыми хозяйствующими субъектами и подразделениями) в сложившейся институциональной среде. Однако практики еще в XIX в. осознали выгоду оперировать не отдельно, а объединяясь в более или менее устойчивые группировки. Наиболее очевидны преимущества крупной фирмы перед небольшой. Так, в мировом судостроении из 560 предприятий, производящих ежегодно около 70–72 млн. cgt, около 74% приходится на долю 14 крупнейших фирм Юго-Восточной Азии, по сути интегрированных мезоэкономических комплексов.

Поэтому интеграционные тенденции проявились вначале в форме укрупнения предприятий (через слияние, поглощение и т. д.). Но и самое крупное предприятие остается субъектом микроэкономики, поэтому граница двух сфер стала местом возникновения множества видов объединений хозяйствующих субъектов, сохраняющих в большей или меньшей степени самостоятельность, но пользующиеся эффектом синергии. Число разновидностей таких объединений чрезвычайно велико: холдинги, концерны, сетевые и оболочечные структуры, консорциумы, кластеры, ассоциации, а также многочисленные гибридные схемы. Это говорит о целесообразности выделения области их деятельности в особую сферу, которую называют мезоэкономикой. Прослеживаются выраженные закономерности данной сферы, однако единая теория мезоэкономики в настоящее время отсутствует. Попыткой вклада в ее развитие может стать введение понятия консолидатор – фактор, способствующий сближению интересов хозяйствующих субъектов (табл. 1). Число факторов может достигать двадцати, однако не все они равнозначны и должны приниматься во внимание в каждом конкретном случае.

Модель мезосферы – таксономическая: в n-мерном пространстве каждый хозяйствующий субъект (таксонная единица) обозначается точкой, каждая из координат которой соответствует одному из консолидаторов, а длина отрезка – силе воздействия. Образуются группы, характеризующиеся как теснотой связи точек между собой, так и положением геометрического центра каждой гиперсферы, определяющим типологию таксонов. Гиперсферы могут пересекаться между собой, т. е. один элемент может попадать в несколько таксонов; так образуется гибридное сообщество. Границы между сферами – нежесткие, так что отдельные таксоны могут попадать в микро-, реже – в макросферу.

Из многочисленных форм интеграции наибольший практический интерес представляет специфически русская – отрасль, почти не имеющая зарубежных аналогов. В теории менеджмента принято выделять русскую модель управления, существующую с X в. при всех социально-экономических формациях. В исследованиях детально прописаны ее черты. Главная – двухфазность. Короткие мобилизационные периоды, отличающиеся крайним напряжением сил и порой перерасходом ресурсов, закономерно сменяются стабильными, застойными, сопровождающимися деградацией управляющего аппарата. Система эта малоэффективна, однако весьма результативна. Ее преимуществами являются мобилизационный и перераспределительный потенциал, вместо конкуренции предприятий – соперничество руководителей, быстрое появление оригинальных решений и достижение результатов. Тем не менее в системе имеется ряд недостатков: накопление и иммобилизация резервов, низкая текущая ресурсная эффективность, застойные явления в стабильный период, оценка руководителей по действиям, а не по результатам и, как следствие, риск появления ложных целей и критериев.

Понятно, что в мобилизационный напряженный период 30-е гг. под миссию реализации программы создания

Таблица 1

Консолидаторы форм интеграции

Формы интеграции / Консолидаторы	Отрасль	Целевая программа	Холдинг	Концерн	Сетевая структура	Кластер	Укрупненное предприятие
Надэкономическая миссия	••••	•••	•	•	••	•	•
Административная структура	•••	•	••	••	•	••	•
Внешнее целеполагание	••••	••••	•	•	•	•	•
Государственное управление	•••••	••••	••	•	•	••	•
Капитал	•	•••	•••	••	••	••	••••
Собственность	•	•	••	••	•	••	••••
Финансирование	••••	•••	••	••	•••	•••	•••
Потребители	•••	••	•	••	••	••	••
Поставщики, контрагенты, аутсорсинг	•••	••	•	••	•	•••	••
Конвиксия-консорция	•••	•	••	•	••	••••	•••
География	•	••	•	••	•••	••••	••••
Конструктивная однородность продукции	••	•	•	••	•	••	••
Технологическая однородность средств производства	••	•	•	•••	••	•••	••••
Глубина кооперации	•	•••	••	••••	•••	••••	••
Льготы, преференции	•	•••	••	••	•	••	•
Учет, статистика	•••	•	•	•	•	•	•
Масштабный эффект	•••	•	•••	••	••••	••••	••••

большого флота, была выбрана форма жестко централизованной интеграции верфей – с жесткой административной структурой, целеполаганием от миссии, с большими полномочиями строителей, концентрацией финансов и т. д. В 1939 г. был учрежден Народный комиссариат судостроительной промышленности СССР.

Так родилась отрасль – форма интеграции, блестяще оправдавшая себя в годы войн в оборонно-промышленном комплексе, а в судостроении – во время пассионарных подъемов 50-х – 70-х гг. Годовой выпуск кораблей и судов достигал 1,100 тыс. cgt, при этом мобилизационный механизм работал безупречно. Спад 1959 г., вызванный изменением аппарата, не перешел в застой и сменился новым подъемом. Наступивший же в 1972–1975 гг. стабильный период, обусловленный достижением ядерного паритета с США, был резко осложнен экономической диверсией, так называемой «хозяйственной реформой» Е. Г. Либермана и А. Н. Косыгина, обременивших сохраняемую как гарантия на случай будущих осложнений отраслевую систему управления имитацией нескольких атрибутов рыночной экономики. Миссия постройки кораблей сменилась производством показателей. Экономическая наука занялась поиском оптимального стоимостного измерителя объема производства, а практики быстро нашли способ наращивать показатели валовой, чистой, нормативной и т. д. продукции, не увеличивая реальную постройку кораблей и особенно судов. Ситуацию усугубила виртуализация денег, разделенных на «живые» – фонд оплаты труда и «плановые», которые никак не коррелировались с реальными стоимостями. Сложилась «триада»: верфь–заказчик–планирующий орган, которая обеспечивала себе беззаботную жизнь непрерывным ростом цен на неизменную продукцию. За 15 лет (1975–1990 гг.) недобор объема производства составил 3,5 млн. cgt. Наряду с продолжающейся реализацией программы плавного упадка советской экономики, во второй половине 80-х гг. сосредотачиваются мощные силы и средства на решающее направление – разрушение основы системы управления через уничтожение мобилизационных способностей. Хорошо подготовленная демонизация командно-административной системы уже к 1990 г. привела последнюю к потере поддержки в обществе. Несмотря на то, что к 1990 г. угроза гибели страны было очевидной, система управления деградировала настолько, что даже не попыталась перевести страну в целом и отрасль в частности в аварийный мобилизационный режим и спокойно пошла на самоуничтожение. К 1990 г. степень реального влияния министерства на предприятия упала настолько, что с ликвидацией Министерства судостроительной промышленности и потерей украинских заводов выпуск транспортных судов даже возрос.

В постперестроечные годы отрасль как субъект мезоэкономики и даже как учетно-статистическая категория исчезла. Предприятия работали разрозненно как субъекты микроэкономики. Действие консолидаторов резко ослабело. В 1991–1995 гг. верфи завершали достройку небольшого числа кораблей с высокой степенью готовности. В 1996–2005 гг. средний годовой объем производства составил 147,9 тыс. cgt, то есть упал в 3,1 раза по сравнению с предперестроечными 1988–1989 гг.

Около 46,9% компенсированного тоннажа уходило на экспорт. Работа в рыночных условиях приносила определенную пользу в виде развития динамических организационных компетенций, но наиболее дальновидные руководители отмечали, что экспортный потенциал неуклонно сокращается по мере исчерпания научно-технического задела; оживить же научную деятельность, пребывавшую в состоянии диапаузы без элементов отраслевого управления не удавалось. В этот период руководителям профильных министерств (Минэнерго, Минпромторга) активно навязывалась либеральная идеология. Выход из положения искали в продолжении бесконечных реформ, приватизации и переделе собственности, вертикально интегрированных структурах, кластерах и т. д. В первой Стратегии развития судостроительной промышленности до 2020 г. [1], принятой в 2007 г., упор был сделан на формирование рыночно ориентированных бизнес-структур нового поколения на основе развития взаимодействия государства и частного бизнеса (государственно частного партнерства). Реально такие бизнес-структуры не создавались, а с точки зрения взаимодействия государства уже в 2007 г. возобладала тенденция создания госкорпораций. В 2007 г. была учреждена Объединенная судостроительная корпорация. Неудачно выбранная организационно-правовая форма открытого акционерного общества предопределила серьезные колебания ее концепции – от территориальной структуры (территориальные субхолдинги) к продуктовой (дивизионы по классам кораблей и судов). От консолидации активов (18 крупнейших предприятий, 80,1% объема по cgt, 92,2% выручки) к их «оптимизации». В целом сложилась тенденция к формированию суперпредприятия, но отнюдь не органа отраслевого управления в современном понимании (рис. 1).

Успешное лоббирование принесло судостроителям резкий рост объема государственного оборонного заказа и государственного заказа на ледоколы и иные гражданские суда. Это не могло не породить ряд новых проблем:

- начался процесс расслоения отрасли – сжатие ядра из шести-восьми верфей и распыления периферии;
- начался уход с рынка, увеличение доли государственного заказа с 5% до 55%; отрасль уходит в «третий сектор» экономики, отказывается от борьбы за эффективность производства;
- возникло сочетание монополия – монопсония, что способствовало формированию триады образца 1970–1980 гг., но в более опасной форме;
- отрасль поразил кризис гиперфинансирования, когда выручка растет (в 2012–2015 гг. на 60,1% с 176,0 до 279,0 млрд. руб., а выпуск продукции за тот же период падает на 42%). Первой жертвой кризиса становится гражданское судостроение;
- реально развитие событий все сильнее отстает от целевых индикаторов стратегий 2007– 2020 гг. В 2016 г. реальный выпуск составил 32,8% от предусмотренного стратегией.

Вопреки перечисленным сложностям, а возможно и благодаря острой потребности в нестандартных решениях для выхода из критической ситуации судостроительная промышленность России намного опередила другие отрасли в создании предпосылок для реализации современной модели отраслевого управления. Среди них – систематизированный семидесятилетний опыт управленческих преобразований за 1946–2016 гг., теоретические изыскания, а главное – уникальный научный задел в области нормативных и методических инструментов. Решительный перевод целой отрасли в мобилизационный режим требует проявления политической воли на высшем уровне управления государством. Первым шагом к получению такого решения должно стать приведение научного задела к уровню практически дееспособного, комплектного и непротиворечивого инструментария. В первую очередь нужно предъявить:

- кодифицированное представление о миссии отрасли, удовлетворение потребности, а не достижение чисто экономических результатов (выручка, EBITDA и т. д.);
- индикатор потребности и результата производства, когерентный с миссией на базе компенсированного тоннажа;

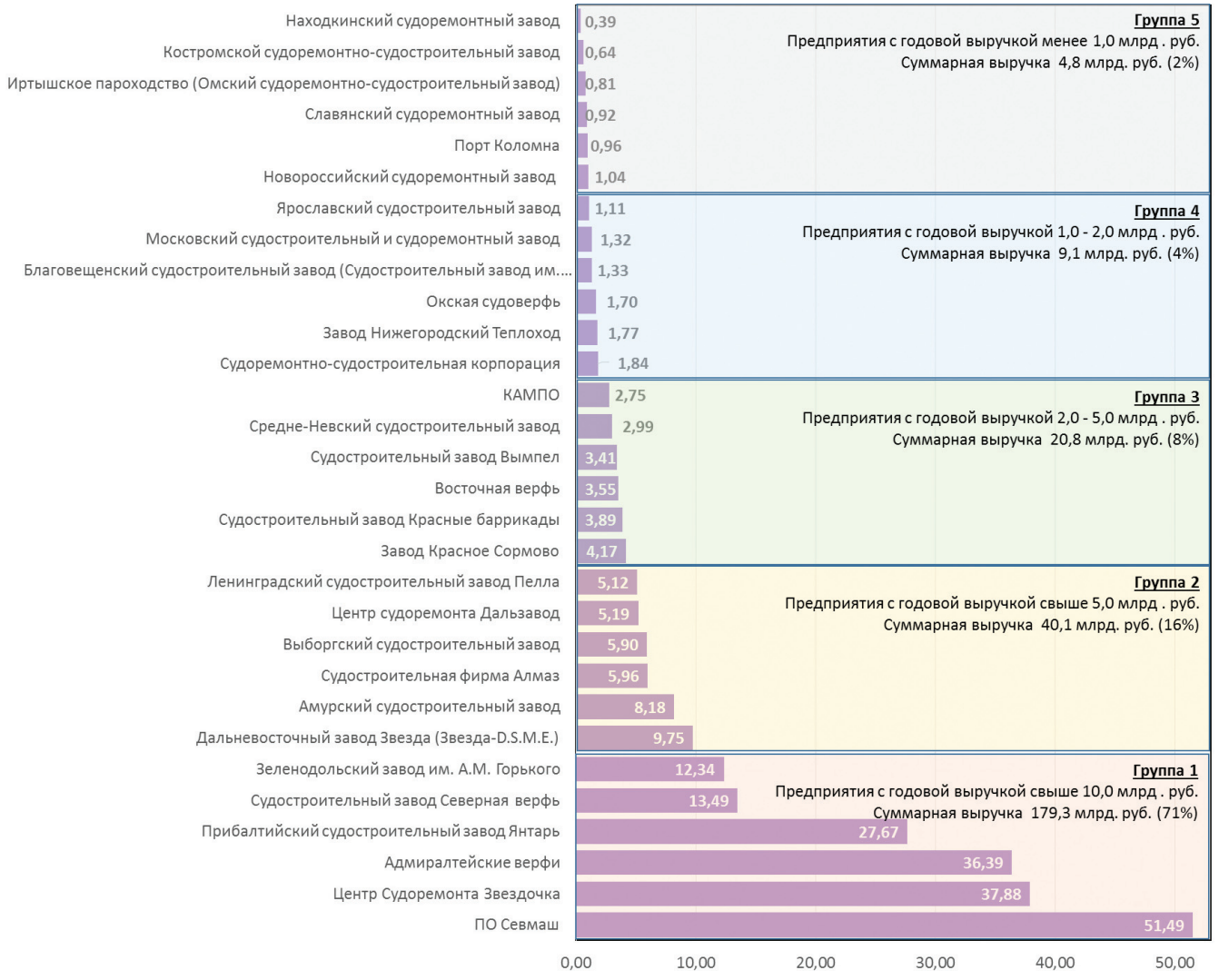


Рис. 1. ***Рейтинг судостроительных предприятий (в том числе входящих в АО «ОСК») по выручке 2014 г.***

– оценку динамических характеристик отрасли в этом измерителе, свидетельствующую о его применимости;
– анализ четырех основных составляющих потенциала отрасли в динамике и прогнозах как основу для управления их сбалансированным развитием;
– оценку всех индикаторов эффективности использования потенциала;
– измеритель производительности труда, дающий возможность оценить резервы роста, направления и инструменты и их привлечения;
– предложения по концентрации интеллектуального потенциала отрасли на самых перспективных направлениях – производительности труда и динамических организационных компетенциях;
– инвентаризацию производства мощностей, структурированную по тоннажным группам, прогнозирование не портфеля заказов, а эволюции организационно-технологических требований к развитию производственных мощностей;
– программу подготовки управленческой элиты, адаптированный к отраслевой системе.

Таким образом, миссия отрасли логически разворачивается в непротиворечивую матрицу индикаторов, подходящих для основы отраслевого управления (табл. 2). Большая часть перечисленных разработок находится в высокой степени готовности. Ключевым методологическим вопросом как в мезоэкономической теории, так и в прикладном аспекте остается двухкритериальный механизм мотивации, стимулирования и оценки качества менеджмента. Если целевая составляющая может быть заимствована из планового прошлого, то институциональную (в основе – финансовую) предстоит создать применительно к рыночному контексту и действующему законодательству РФ. Однако самое сложное – пролоббировать саму идею отраслевой модели управления. В случае положительного результата становится возможным приступить к формированию мобилизационного режима современной системы отраслевого управления, основанной на следующих принципах:
– двухконтурное управление: целевой (миссионный) контур, примыкающий к сфере макроэкономики и институциональные (ресурсные) – к микроэкономической;
– целеполагание, как конкретизация и детализация миссии, а также институциональные решения – осуществляются извне отрасли, из сферы государственного управления. Парадоксально, но лучший из примеров внешнего целеполагания дает программа освоения Арктики, направленная на закрепление сырьевой сущности экономики России, что слабо коррелируется с ожиданием «динамичного устойчивого развития» и 2% мирового объема судостроения;
– стратегический уровень отраслевого управления – развитие потенциала;
– связь контуров между собой и выход в макро- и микросферу через две вертикали – финансовую и целевую;

Таблица 2

Индикаторы развития и использования потенциала отрасли

			Цель/Сектор			
Уровень	**Группа**	**Содержание**	**Безопасность**	**Реиндустриализация**	**Рынок**	**Выживание**
			ГОЗ	**Импортозамещение**	**Конкурентоспособность**	
1. Результат		1. Выпуск продукции	V	V	V	V
2. Потенциал (ресурсы)		2.1. Трудовой ресурс	V	V		
		2.2. Производственные мощности	V	V		
		2.3. Интеллектуальный ресурс	V			
		2.4. Компетенции	V	V	V	
3. Эффективность	3.1. Ресурсная эффективность	3.1.1. Производительность		V	V	
		3.1.2. Цикл			V	
		3.1.3. Загрузка	V			V
	3.2. Конкурентоспособность	3.2.1. Доля мирового рынка			V	
		3.2.2. Доля в российских заказах		V		
		3.2.3. Секторная структура производства	V	V		V
		3.2.4. Экспорт			V	
	3.3. Мультипликативность	3.3.1. Коэффициент «размножения»		V		
		3.3.2. Доля российских поставщиков		V		
		3.3.4. Точка роста		V		

– дифференциация мотивации и оценки менеджмента и производственных подразделений по двум контурам;
– в структурном отношении орган управления отрасли целесообразно разместить в мезосфере и придать ему статус управляющей компании.

Важно иметь в виду, что формирование радикальной инновационной системы управления отраслью – процесс долговременный, сопоставимый с временными горизонтом и стратегией программ (15–20 лет) при постоянно нарастающей степени неопределенности и умножения рисков. Опыт разработки и попытки реализации стратегии развития свидетельствует, что линейное (2007–2020 гг.) и даже вариативное – оптимистично-пессимистичное (2013–2030 гг.) моделирование не позволяет адаптироваться к изменению социально-экономического контекста. Так, уже в 2016 г. реально достигнутый выпуск судостроительной продукции составил 32,8% от значения целевого индикатора стратегии 2007–2020 гг. Характерно, что на качественном уровне разработчики стратегии отмечали возможность возникновения негативных факторов, однако не попытались учесть их в конкретных прогнозных расчетах. Следовательно, разработку любой стратегии, в первую очередь программу реинжиниринга отраслевого управления, необходимо вести с учетом уже известных (неопределенность арктического заказа по объему и срокам, колебания военной доктрины) и непременно возникающих новых факторов риска. Разработка и реализация должна вестись в логике навигационного планирования, предусматривающего:

– изменение курса развития системы на протяжении срока действия программы или стратегии;
– определение границ опасных зон и зон риска;
– поиск безопасных путей;
– резерв (отклонение от опасного варианта);
– институциональный контекст;
– маневренные свойства системы;
– контрольные моменты;
– параллельная индексация;
– точки невозврата;
– пути отхода.

Только таким образом возможна реанимация и развитие современной системы управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2020 года и на дальнейшую перспективу. Утв. Приказом Минпромэнерго РФ от 06.09.2007 № 354. ■

МЕТОДЫ ОБОСНОВАНИЯ НАПРАВЛЕНИЙ МОДЕРНИЗАЦИИ СУДОСБОРОЧНОГО ЦЕХА СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА БАЗЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В.И. Дорофеев, *д-р техн. наук, проф., ст. науч. сотрудник НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия»,*
В.Н. Кляхин, *д-р воен. наук, проф., советник по науке Филиала «НТЦ»,*
А.Б. Фомичев, *канд. техн. наук, доцент, зам. ген. директора–ген. конструктора – директор Филиала «НТЦ», Концерн «Моринформсистема-Агат»,*
контакт. тел. +7(921) 774 6439, +7(921) 741 2800, +7 (926) 238 7838

Судостроение объективно относится к отраслям, обладающим большим научно-техническим и производственным потенциалом, способным влиять на развитие технологий в смежных отраслях промышленности. Это – значимая причина того, что ведущие страны мира уделяют особое внимание развитию морских и судостроительных технологий в обеспечение активной морской деятельности, оказывая значительную поддержку национальным судостроительным компаниям.

Современное мировое судостроение характеризуется переходом на более совершенные технологии изготовления деталей и сборки узлов корпуса судна, внедрением модульного и зонального методов проектирования и строительства судов и другой морской техники.

Анализ задач, стоящих перед отечественным судостроением, уровень современного отечественного кораблестроения, существующие проблемы объективно определяют необходимость его комплексной модернизации в соответствии с новым технологическим укладом и развитием науки. Концепция такой модернизации может, например, базироваться на переходе к зональному проектированию и крупноблочному строительству кораблей и судов и т. д.

Эффективность таких направлений модернизации обусловлена расширением фронта одновременного изготовления частей корабля в оптимальных условиях высокомеханизированной цеховой сборки, рационализацией стапельной сборки указанных частей корабля и сведением к минимуму объема пригоночных работ, что способствует снижению трудоемкости и сокращение сроков постройки кораблей и судов.

Анализ опыта использования модульных принципов и крупноблочного строительства танкеров, контейнеровозов и особенно газовозов ведущими мировыми компаниями Норвегии, Японии, Южной Кореи показывает объективную необходимость повышения внимания к вопросам оптимизации в первую очередь корпусосборочного производства.

Отечественное судостроение и военное кораблестроение имеют сегодня определенный опыт постройки кораблей с применением зональных блоков надстроек и мачт, зональных блоков ГАС и систем вооружения, а также опыт постройки гражданских судов модульно-агрегатным методом с использованием насыщенных сборочных единиц.

Однако состояние основных фондов отрасли, особенно их активной части, не соответствует современным требованиям к производительности, надежности, способности функционировать в современной информационной или иной технологической среде.

В отечественном судостроении существенно отстает общий уровень технологии и организации работ по сравнению с зарубежными передовыми предприятиями. В результате удельная трудоемкость производства в отрасли в 3–5 раз выше, чем за рубежом, а продолжительность постройки судов в 2–2,5 раза больше. На судостроительных заводах мало применяются современные методы крупноблочного строительства в связи с отсутствием кранов большой грузоподъемности (600, 900, 1100 т).

Российское гражданское судостроение в его сегодняшнем состоянии в силу ряда субъективных и объективных причин неспособно не только занять достойную нишу на мировом рынке коммерческого судостроения, но и удержать внутренние рынки. Если указанный выше потенциальный портфель заказов уйдет за рубеж, то в совокупности с потерями на фрахте Россия в период до 2020 г. лишится примерно 2,5 трлн. руб. и более 3 трлн. руб. в последующие 10 лет.

Непринятие оперативных мер по устранению проблем развития отрасли наиболее вероятно приведет к следующим последствиям:

- потере ряда промышленных критических технологий, без которых невозможна реализация государственной программы вооружения в части кораблестроения – невозможность создания современной военной техники;
- уменьшению числа построенных кораблей по гособоронзаказу из-за существенного роста их стоимости и сроков строительства (снижение обороноспособности до критического уровня: потеря морской компоненты стратегической триады, невозможность охраны экономической зоны страны и т. п.);
- вытеснению с мирового рынка гражданского судостроения, в том числе и с внутреннего рынка российских производителей, что повлечет как ощутимые бюджетные потери, так и повысит зависимость от иностранных перевозчиков (неоправданное проникновение внешних перевозчиков в Северный морской путь и внутреннюю речную сеть).

Для предупреждения этих негативных или даже катастрофических последствий крайне необходимо проведение соответствующей модернизации и обновление производственных мощностей отечественного судостроения.

В настоящее время наши судостроительные предприятия фактически работают по принципу максимального изготовления комплектующих. Это, в свою очередь, приводит к монополизации того или иного направления и к незаинтересованности в оптимизации процесса производства. В то же время, например, объединение технологически однотипных предприятий позволит решить эту проблему и будет способствовать развитию и расширению кооперации.

В целом основные усилия модернизации и переоборудования предприятий отрасли должны быть направлены на решение следующих задач:

- комплексная модернизация, реконструкция и техническое перевооружение отрасли (вывод основных предприятий, НИИ и КБ на самый современный технический и технологический уровень);
- техническое и технологическое обеспечение серийного производства новых видов продукции (крупнотоннажные корабли и суда, плавучие сооружения);

– обеспечение условий для разработки и освоения важнейших технологий создания конкурентоспособной продукции военного и гражданского назначения;
– формирование межотраслевых интегрированных структур, занятых производством унифицированных ВВСТ для нескольких видов Вооруженных сил;
– создание новых производств, участков и т. п. для производства импортозамещающих материалов, основного оборудования и комплектации кораблей и судов;
– создание технической и технологической возможности расширения экспорта судостроительной продукции (создание условий для увеличения производительности труда в 3–5 раз и обеспечения международного уровня качества выпускаемой продукции).

Сегодня отечественной судостроительной отрасли крайне необходимо внедрение новейших методов и форм организации производства на каждом отдельном предприятии, способствующие повышению производительности труда и адекватному контролю качества тех или иных сложных технических систем. Первоначальной проблемой является проблема модернизации судосборочного производства. Однако вопрос о сбалансированном развитии всех взаимосвязанных производств в рамках одного предприятия можно ставить только теоретически. Практически на каждом этапе развития конкретного судостроительного предприятия этого достичь невозможно. Решение данной проблемы целесообразно осуществлять на уровне отрасли или ОСК. На современном этапе «узкими местами» в судостроении являются корпусосборочное и монтажное производства. Попытка сбалансировать их с высокомеханизированным и автоматизированным корпусообрабатывающим производством неизбежно приведет к росту масштабов судостроительного предприятия сверх разумных пределов. В то же время предприятие с развитым корпусообрабатывающим производством может и должно выполнять заказы на выполнение этих видов работ от других предприятий отрасли. Судосборочное производство в настоящее время занимает до 45–50% трудоемкости постройки корпуса и до 20–25% трудоемкости постройки судна. Производственные площади сборочно-сварочных цехов составляют до 20% и более общих производственных площадей верфей, в них заняты до 25% всех производственных рабочих. На технологическую оснастку этих цехов используют металла до 15% от массы корпуса стоящихся судов, затрачивается на нее до 10% трудоемкости постройки корпуса.

Разрабатывая стратегию системной реконструкции и модернизации производства, специалисты завода исходят из того, что современные боевые корабли являются сложной, наукоемкой продукцией, для которой затраты на комплексную подготовку производства сопоставимы с затратами на само производство. Аналогично можно сказать и о примерно равной продолжительности подготовки производства и постройки корабля. Особенно если речь идет о единичной или мелкосерийной продукции. Подготовка производства требует взаимоувязки реконструкции и технического перевооружения управленческого, научно-исследовательского, конструкторского, технологического, материально-технического, организационно-планового, экономического и социально-психологического характера, для обеспечения полной готовности предприятия к освоению производства и строительству кораблей и судов. Подготовка производства в значительной степени зависит от серийности заказов, их сложности и новизны, от особенностей и готовности комплектующих изделий.

Строительство боевых надводных кораблей для ВМФ РФ в настоящее время, да и в ближайшем будущем будет единичным или в лучшем случае мелкосерийным, что ограничивает возможности внедрения наиболее эффективных способов их строительства. Более того, при мелкосерийном/единичном производстве экономические показатели диктуют необходимость вообще отказаться от ряда традиционных и общепризнанных прогрессивных способов постройки. При ограниченном производстве они становятся для предприятия недостаточно рентабельными и даже убыточными.

Принципиальная схема действующей на заводе автоматизированной подготовки начального этапа строительства нового заказа включает в себя следующие направления:
– отработка заказа на технологичность;
– проработка и заключение по эскизному и техническому проектам корабля (анализ проектов);
– разработка основных положений по технологии и организации постройки корабля;
– разработка графиков подготовки производства, в том числе, организация новых производств и участков;
– разработка документации для годовых планов работы предприятия;
– расчеты пропускной способности цехов и предприятия в целом;
– разработка планов технического прогресса, в том числе мероприятия по подготовке, совершенствованию производства и приобретению нового более совершенного оборудования;
– уточнение, адаптация и корректировка конструкторской документации по проекту корабля;
– разработка технологической документации по проекту корабля;
– создание оснастки и нестандартного оборудования и т. д.

По результатам выполнения этих направлений разрабатывается общий план по подготовке производства, включающий:
– график подготовки производства по конкретному проекту корабля;
– план технического прогресса – мероприятий по совершенствованию производства;
– перечень специальной оснастки и нестандартного оборудования.

Проблема обоснования оптимального направления модернизации судосборочного производства может быть в значительной степени решена на базе имитационного моделирования при использовании разработали физико-математической модели (ФММ), позволяющей обеспечить максимальный выпуск продукции путем снижения времени нахождения предмета труда в производственных запасах при передаче предмета труда с одного участка цеха на другой.

На базе такой ФММ можно решить три основные задачи:

1) определение максимально возможного количества предметов труда (за определенный период времени) для цеха фиксированной площади и определенной производительности труда основных рабочих и машин;

2) определение необходимой площади цеха при тех же условиях для изготовления определенного количества предметов труда;

3) при неполной загруженности цеха – распределение по участкам основных и вспомогательных рабочих.

Однако ФММ должна позволять решать и другие задачи, направленные на обоснование направлений модернизации.

Для решения поставленной задачи прежде всего следует выразить зависимость величины площади участка от характеристик расположенных на нем машин и механизмов, характеристик предметов труда (их вес, площадь и объем) и количества основных и вспомогательных рабочих, работающих на данном участке.

В общем случае, для любого участка судостроительного производства его площадь определяется выражением

$$S_{уч} = S_{маш} + S_{пр.тр.} + S_{ор} + S_{вр}, \quad (1)$$

где $S_{маш}$ – площадь, необходимая для размещения и функционирования на данном участке машин и механизмов; $S_{пр.тр.}$ –

площадь, необходимая для размещения на участке предметов труда; $S_{ор}$ и $S_{вр}$ – площадь, необходимая для обеспечения деятельности основных и вспомогательных рабочих данного участка.

В формуле (1) для всех участков известным является $S_{маш}$, поскольку их характеристики, в том числе необходимая площадь, определяются производителями этих машин и занесены в их формуляры. Известно и количество основных и вспомогательных рабочих и необходимая для обеспечения их деятельности площадь. Площадь, необходимая для размещения предметов труда, на различных участках различна, ее нужно каким-либо образом определить. Обратимся к гипотетическому варианты судосборочного производства.

Участок 1 (предварительная обработка проката, включающая в себя его правку, очистку и грунтовку). Валковые листоправильные машины используются для правки с помощью изгиба. Правильнорастяжные машины осуществляют правку растяжением. Профильный прокат правят аналогично, кроме того, для этих целей могут использовать горизонтальные гибочные прессы.

Очистку проката осуществляют механическим способом в дробеметных камерах. Прокат толщиной менее 4 мм очищают химическим способом – травлением в растворах соляной или серной кислоты.

Для дальнейшего упрощения задачи будем рассматривать только машины, где прокат располагается горизонтально, хотя существуют и машины, где прокат располагается вертикально.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод, что на участке 1 предмет труда всегда находится в машинах и не занимает особой площади, ручного труда на участке практически нет, рабочие только обслуживают машины, поэтому выражение (1) для участка 1 примет вид

$$S^1_{уч} = S^1_{маш}. \qquad (2)$$

Участок 2 (изготовление деталей, резка и изгиб проката). С целью изготовления деталей могут использоваться машины для резки проката со следующими способами резки: механическим, лазерным, плазменным и кислородным.

Основным оборудованием для гибки в настоящее время являются листогибочные валковые машины (гибочные вальцы) и гидравлические прессы.

Поскольку предметы труда, как и на участке 1, находятся практически на рабочих столах машин в горизонтальном положении, и ручного труда практически нет, то и выражение (1) для участка 2 будет иметь вид

$$S^2_{уч} = S^2_{маш}, \qquad (3)$$

при этом $S_{дет} \cong 0{,}8S_{проката}$.

Участок 3 (изготовления узлов). Узлы подразделяются на небольшие объемные узлы, полотнища, короткие тавры и т. д. Их конструктивная простота позволяет в максимальной степени использовать аппаратуру автоматической и полуавтоматической сварки, в максимальной степени уменьшающую объем ручного труда.

Выражение (1) для участка 3 не изменится, и особую сложность представляет второй член правой части. В первом приближении

$$S^3_{пр.тр.} = 0{,}5S^2_{пр.тр.}$$

При этом исходят из того, что узлы состоят из горизонтальных и вертикальных листов и балок, причем площадь горизонтальных и вертикальных примерно одинакова.

Участок 4 (изготовления плоскостных и объемных секций). Секции могут быть плоскостные, которые можно изготавливать на плоских металлических стендах с использованием минимального количества инструментов и приспособлений. Это позволяет использовать полуавтоматические методы сварки. Кроме того, простота их конструкций позволяет механизировать их изготовление. Это возможно на механизированной поточной линии для сборки и сварки плоскостных секций.

Для того чтобы изготавливать объемные (или полуобъемные) секции, применяют сборочные костыли – чаще всего используемая в судостроении сборочно-сварочная оснастка.

Таким образом, для участка 4 формула (1) принимает вид

$$S^4_{уч} = S_{мех.пот.л.} + S_{сб.пост.} + S_{пр.тр.} + S_{ор} + S_{вр}, \qquad (4)$$

где $S_{мех.пот.л.}$ – площадь, занимаемая механической поточной линией; $S_{сб.пост.}$ – площадь, занимаемая сборочной постелью (или постелями).

Площадь участка, занимаемая продуктами труда, $S^4_{пр.тр.} = \frac{2}{3} S^3_{пр.тр.}$.

Участок 5 (изготовления блоков, секций). Блок секций – это более крупная, чем секция, пространственная конструкция, состоящая из разного рода секций, узлов и деталей.

Технология их изготовления аналогична технологии изготовления секций и блоков, но, в силу больших размеров и других особенностей, механизация труда здесь практически отсутствует, поэтому формула (1) для участка 5 выглядит так:

$$S^5_{уч} = S^5_{пр.тр.} + S_{ор} + S_{вр}. \qquad (5)$$

Как и для участка 4, $S^5_{пр.тр.} = 2/3 S^4_{пр.тр.}$

Участок 6 (изготовления из блоков корпуса судна). При блоковом способе формирования корпуса судна блоки подают на построечное место, после окончания сборочных работ выполняют сварку стыков между блоками. На этом участке механизация труда практически отсутствует, используется в основном ручной труд основных и вспомогательных рабочих, поэтому формула (1) для участка 6 принимает вид

$$S^6_{уч} = S^6_{пр.тр.} + S_{ор} + S_{вр}, \qquad (6)$$

где $S_{пр.тр.} = L_с \cdot B_с \cdot K$.

Здесь $L_с$ – длина корпуса судна по ватерлинии; $B_с$ – ширина корпуса судна максимальная.

Дальнейшее построение имитационной модели требует разработки математических выражений, связывающих между собой количество предметов труда и необходимую для производства определенного количества труда площадь как отдельных участков, так и судосборочного цеха в целом.

Зависимость количества предметов труда от производительности основных и вспомогательных рабочих и машин может быть определена выражением

$$q = П_{Тор} \cdot Ч_{ор} \cdot t + П_{Твр} \cdot Ч_{вр} \cdot t + П_{ОТ}. \qquad (7)$$

Поскольку для каждого участка характерно определенное соотношение между количеством основных и вспомогательных рабочих (обозначим это соотношение для i-го участка символом K_i), упростим выражение (7):

$$Ч_{вр i} = K_i \cdot Ч_{ор i} \qquad (8)$$

и

$$q_i = Ч_{ор i}\left(П_{Т_{ор i}} + K_i \cdot П_{Т_{вр i}}\right) + П_{ОТ i}, \qquad (9)$$

где q – количество предметов труда. Это может быть также их вес или их масса, что одно и то же на поверхности земли на уровне Мирового океана.

Значение q изменяется значительно только при переходе с первого участка на второй, когда из обработанного проката вырезают детали корпуса. Для прямоугольных и криволинейных деталей изменение массы предмета труда обязательно будет разным, но в нашей работе может быть принята какая-то усредненная величина, например, 20%. Тогда $q_1 = 1{,}25q_2$. При дальнейшем переходе предмета труда его масса увеличивается за счет массы сварных швов, но, поскольку их масса мала по сравнению с массой деталей, то мы можем ею пренебречь, и будем считать, что

$$q_2 = q_3 = q_4 = q_5 = q_6. \qquad (10)$$

Вернемся к выражению (7), рассматривая его для разных участков судосборочного (корпусосборочного) цеха.

Для участков 1 и 2 общая производительность труда определяется производительностью труда машин, поэтому

$$q_1 = 1{,}25q_2 = \Pi_{\text{ОТ1}} \qquad (11)$$

$$q_2 = \Pi_{\text{ОТ2}}. \qquad (12)$$

Для участков 3 и 4 величина продукта труда определяется и производительностью труда рабочих, и производительностью труда машин, поэтому

$$q_3 = q_4 = \text{Ч}_{\text{ор}i}\left(\Pi_{\text{Тор}i} + K_i\Pi_{\text{Твр}i}\right) + \Pi_{\text{ОТ}i}. \qquad (13)$$

Отличие между 3 и 4 участками заключается в том, что соотношение ручного и машинного труда у них различно. На участке 4 ручного труда больше.

Исходя из выражения (13), получаем зависимость числа основных рабочих от q и производительностей труда рабочих и машин

$$\text{Ч}_{\text{ор}i} = \frac{q - \Pi_{\text{ОТ}i}}{\Pi_{\text{ор}i} + \Pi_{\text{вр}i}K_i}, \qquad (14)$$

где $i = 3$ или $i = 4$.

Зная норму площади участка на одного основного рабочего данного участка (обозначим ее n_i), получим

$$S_{\text{ор}i} = \text{Ч}_{\text{ор}i} \cdot n_i. \qquad (15)$$

Тогда площадь участков 3 и 4 находим из выражения

$$S_{\text{уч}i} = S_{\text{маш}i} + \frac{\left(q - \Pi_{\text{ОТ}i}\right)\cdot n}{\Pi_{\text{ор}i} + \Pi_{\text{вр}i}\cdot K_i} + S_{\text{пр.тр.}i} \qquad (16)$$

причем $S_{\text{пр.тр.3}} = 0{,}5S_{\text{пр.тр.2}}$

и $$S_{\text{пр.тр.4}} = \frac{2}{3}S_{\text{пр.тр.3}}.$$

Для участков 5 и 6

$$q_5 = q_6 = q_2 = \text{Ч}_{\text{ор}i}\left(\Pi_{\text{Тор}i} + K_i\Pi_{\text{Твр}i}\right). \qquad (17)$$

Следовательно, как и в предыдущих случаях, где на участках существует ручной труд,

$$\text{Ч}_{\text{ор}i} = \frac{q}{\left(\Pi_{\text{Тор}i} + K_i\Pi_{\text{Твр}i}\right)}. \qquad (18)$$

Опять же, по аналогии с участками 3 и 4, зная норму площади участка на одного основного рабочего, получаем

$$S_5 = \frac{q\cdot n_5}{\left(\Pi_{\text{Тор5}} + K_5\cdot\Pi_{\text{Твр5}}\right)} + \frac{2}{3}S_{\text{пр.тр.4}}; \qquad (19)$$

$$S_6 = \frac{q\cdot n_6}{\left(\Pi_{\text{Тор6}} + K_6\cdot\Pi_{\text{Твр6}}\right)} + L\cdot B\cdot\eta \qquad (20)$$

где L, B – длина по ватерлинии и максимальная ширина судна; η – коэффициент, увеличивающий площадь, занимаемую корпусом за счет лесов и других приспособлений.

В результате, поскольку площадь корпусосборочного цеха равна сумме площадей участков этого цеха, получаем

$$S_{\text{цеха}} = \sum_{i=1}^{6} S_{\text{уч}} = S_{\text{маш1}} + S_{\text{маш2}} + S_{\text{маш3}} + \frac{\left(q - \Pi_{\text{ОТ3}}\right)n_3}{\Pi_{\text{Тор3}} + \Pi_{\text{Твр3}}\cdot K_3} + S_{\text{пр.тр.3}} + S_{\text{маш4}} + S_5 + S_6. \qquad (21)$$

Выражение (21) связывает между собой количество предметов труда и площади участков и корпусосборочного цеха в целом, но, имея в виду, что все составляющие выражения известны, это производительность машин, основных и вспомогательных рабочих на различных участках, то найти зависимость между q и S_i можно графоаналитичесим методом.

Задавая несколько величин q можно найти необходимые площади участков и, следовательно, площадь цеха. Это достигается заданием нескольких значений q и соответствующих им величин площадей. В результате при определенных нормативах получим график зависимости q от S (рис. 1).

Этот график, полученный на основе разработки физико-математической модели функционирования как отдельных участков, так и всего корпусосборочного цеха, и позволяет решить поставленные в статье задачи.

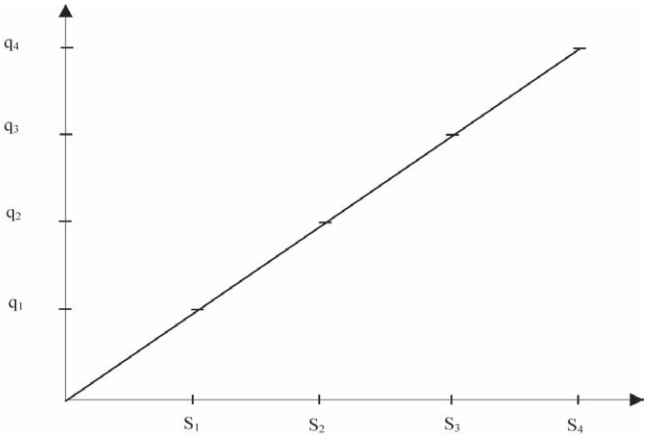


Рис. 1.

Важным для судокорпусного производства является также повышение точности работ, определение взаимосвязанных требований к точности изготовления и установки корпусных конструкций, повышение точности методов и средств измерения. Однако данная проблема требует отдельного изложения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Дорофеев В.И., Кляхин В.Н., Фомичев А.Б.* Физико-математическая модель функционирования судокорпусного цеха как структурного подразделения судостроительного предприятия // Морской вестник. –2017. – №1(61).
2. *Дорофеев В.И., Кляхин В.Н., Фомичев А.Б.* Физико-математическая модель процесса функционирования судостроительного предприятия. – СПб.: Спецматериалы: Сб. тр. XIX Всеросс. науч.-практ. конфер. «Актуальные проблемы защиты и безопасности». – 2016.–Т. 4.
3. *Гармашев А.Д.* Технология судостроения – СПб: Профессия, 2003. ■

АО «КОМПРЕССОР» – 140 ЛЕТ НА СЛУЖБЕ РОССИИ

***Л.Г. Кузнецов**, д-р техн. наук, проф., заслуженный машиностроитель РФ, председатель совета директоров АО «Компрессор», контакт. тел. (812) 295 5090*

Сейчас невозможно представить себе отрасль промышленности, которая бы не использовала компрессоры, установки подготовки воздуха. Оборудование, обеспечивающее очистку, сжатие и хранение газов, применяется в судостроении, энергетике, машиностроении, горной и нефтяной промышленности, на транспорте и в медицине, ракетно-космической, пищевой и химической отраслях. Словом, ни одна из сфер промышленности попросту немыслима без компрессорных установок. Владеет комплексно технологией разработки, производства, монтажа и сервиса компрессорных станций, систем подготовки воздуха, систем автоматического управления, автоматизированных приборов анализа качества воздуха по маслу и влаге петербургское АО «Компрессор».

С ЧЕГО ВСЕ НАЧИНАЛОСЬ

Основателем завода «Компрессор» стал в 1877 г. изобретатель первой в мире скорострельной пушки с упругим лафетом и унитарным патроном, инженер В.С. Барановский. В первые годы предприятие изготавливало пушечные гильзы, дистанционные трубки (взрыватели), гранаты, лафеты, чугунные и стальные снаряды, приборы снаряжения и разряжения артиллерийских патронов, гидравлические и механические прессы для переобжимки стреляных гильз различных калибров. Впервые в России авто- и авиасвечи, фарфоровые изоляторы высокого напряжения были запущены в серию на производственных мощностях предприятия. Непосредственно к разработке и созданию компрессорного оборудования завод преступил в 30-е гг. прошлого столетия.

В 1926–1927 гг. в связи с утверждением советским правительством программы строительства новых боевых кораблей и подводных лодок заводу поручили создание и производство торпедных аппаратов и воздушных компрессоров высокого давления. А 12 мая 1932 г. открывается новая страница в истории советского судового компрессоростроения, написанная заводом, который сдает флоту первый электрокомпрессор ВВД, изготовленный полностью из отечественных материалов. В довоенный период завод создал и освоил выпуск первых отечественных паро- и электрокомпрессоров высокого давления.

В свою очередь, компрессоры, поставленные на корабли и суда, обеспечили наш флот в продолжении всего долгого периода Великой Отечественной войны воздухом высокого давления. В годы войны завод ремонтирует и устанавливает компрессоры и торпедные аппараты на корабли и подводные лодки, а также изготовляет для фронта минометы и миноискатели. В 1941 г. часть производственного оборудования вместе с рабочими и конструкторами были эвакуированы в Уральск, где временно было налажены производство компрессоров, а в Москве – торпедных аппаратов. В победу нашего народа вложен весомый вклад трудящихся завода № 103 (так в годы войны называлось предприятие). За годы войны подводные лодки Балтийского флота, оснащенные компрессорами и торпедными аппаратами производства завода, потопили 124 судна противника.

С 1946 г. коллектив предприятия приступил к освоению новых поколений компрессоров для нужд флота. Создание новой компрессорной техники велось совместно с Центральным конструкторским бюро «Компрессор», созданным постановлением правительства в 1959 г. на базе конструкторского бюро завода. Именно тогда был создан целый ряд механизмов и систем управления с характеристиками, находящимися на уровне лучших мировых достижений по основным и удельным показателям.

Преобладающим типом разрабатываемого компрессорного оборудования в 50–70-х гг. были свободно-поршневые дизель-компрессоры и кривошипно-шатунные электрокомпрессоры, а также автоматизированные станции на их базе. Предприятием было выпущено много тысяч этих изделий. Они становились на все строящиеся корабли, а также были использованы во многих отраслях промышленности.

По приказу министра № 399 от 29 декабря 1981 г. серийный компрессорный завод и ЦКБ «Компрессор» вошли в состав объединения «Компрессор» – головное в судостроительной отрасли предприятие по разработке и производству компрессоров и блоков очистки и осушки газа для всех типов кораблей, подводных лодок и гражданского флота.

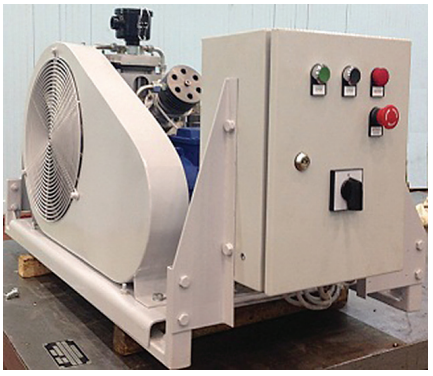
УНИКАЛЬНЫЕ РАЗРАБОТКИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ЦКБ завода создавало новые проекты не только для ВМФ, многие из которых для освоения на производстве были переданы на другие предприятия. Впервые в стране были разработаны для нужд сельского хозяйства широкозахватные дождевальные машины, их серийное производство развернуто на специально построенных заводах в городах Первомайск и Кропоткин, компрессор пускового воздуха – на Мелитопольском компрессорном заводе.

Для нужд водолазных служб АО «Компрессор» разработало и поставляет переносные компрессорные станции «Старт» для зарядки баллонов очищенным воздухом, пригодным для дыхания человека. Эти станции выпускаются с электро- и бензоприводами, что расширяет область их применения. В настоящее время разработана и запущена в серию переносная компрессорная станция

Вид на корпуса предприятия

СКАВ 5/30, малогабаритная компрессорная станция СКАВ 18/30 с техническими характеристиками, отвечающими современным требованиям потребителя. Разработана и серийно выпускается полностью автоматизированная, с воздушным охлаждением компрессорная станция СКАВ 20/30 и ее упрощенный аналог СКАВ 20/30М более низкой стоимости. Разработанный компрессор полностью отвечает требованиям МЧС и водолазов.

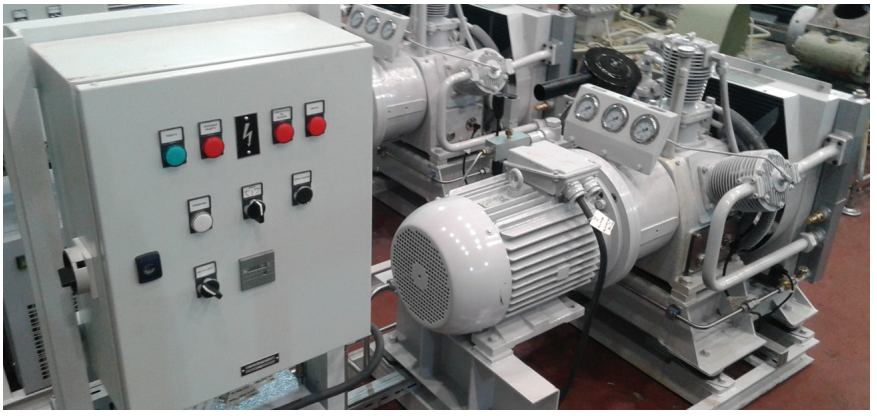


Малогабаритная компрессорная станция СКАВ 18/30

Компрессорная станция с воздушным охлаждением СКАВ 20/30М

Еще одним направлением работ является создание блоков очистки сжатого воздуха и других газов от масла, механических частиц и влаги. За последнее время разработаны и серийно выпускаются двухадсорберные блоки с горячей и холодной регенерацией, работающие на давление от 10–400 кгс/см^2, рефрижераторные осушители.

В последние годы предприятие разработало ряд компрессоров, которые нашли широкое применение в пищевой, перерабатывающей, машиностроительной, геологоразведовательной, космической промышленности. Было создано и серийно освоено производство автономной компрессорной станции с воздушным охлаждением для установки совместно с элегазовым выключателем, работающей без обслуживания в течение от одного года до двух лет. Этот компрессор нашел применение в медицинской, пищевой, химической и других отраслях промышленности.



Компрессор пускового воздуха для АЭС

Создан типоряд компрессоров пускового воздуха для атомных электростанций и гражданского флота. По требованию заказчика поставка оборудования ведется как с водяным, так и с воздушным охлаждением. Изделия завода используются на Белоярской, Нововоронежской, Ленинградской, Калининской АЭС, осуществлены поставки для АЭС в Индии и Иране. Первая плавучая атомная электростанция оснащена компрессорами нашего производства.

АО «Компрессор» – единственное в России предприятие, выпускающее ресиверы рабочего, пускового воздуха и баллонные станции высокого давления для всех типов судов и кораблей с сертификатом РМРС.

В то же время предприятие приступило к реализации комплексной задачи – переводу транспорта на альтернативные, экологически чистые виды топлива. Результатом работ явилось создание блочно-модульной автомобильной газонаполнительной компрессорной станции (АГНКС) на 75 заправок. Одновременно была разработана расширительная воздушная машина-детандер, обеспечивающая подачу на объекты охлажденного сухого воздуха с температурами от –20 °С до –150 °С, имеющую применение как источник холода для специализированных судов. Учитывая интерес перевода судовых энергетических установок на метан, АО «Компрессор» ведет работы, направленные на получение сжиженного метана с помощью оборудования АГНКС и детандера. В настоящее время разработана и запущена в серию АГНКС БК-150, что позволило увеличить число заправок автомобильного транспорта в 2 раза. Для ввода в эксплуатацию достаточно подвести электричество, воду и газ.

За последнее десятилетие для модернизации и ремонта действующих тяговых подстанций разработаны, серийно выпускаются и поставляются компрессоры с водяной и замкнутой системами охлаждения. АО «Компрессор» разработало и серийно освоило выпуск компрессоров для пуска судовых дизелей и общесудовых нужд как с водяным, так и с воздушным охлаждением.

Компрессоры фирмы автоматизированы, обладают высокими технико-экономическими показателями. Они работают как в различных регионах России, странах СНГ, так и в Германии, Финляндии, Норвегии, Индии, Иране, КНР, Корее, Алжире, Ливии, ОАЭ, на Кубе.

АО «Компрессор» комплектует компрессоры и компрессорные станции системами и отдельными блоками осушки и очистки сжатого воздуха и газа с точкой росы до –70 °С.

Для океанского спасательного судна «Дельфин» разработан блок очистки сжатого воздуха по своим характеристикам (рабочему давлению и пропускной способности), не имеющий мировых аналогов. Воздух, прошедший предварительную очистку в блоке осушки и очистки компрессорной станции, проходит дополнительную очистку от вредных веществ не пригодных для дыхания CO_2, CO, NO, CnH2n.

Для нефтегазовой отрасли промышленности предприятие предлагает воздушные станции, обеспечивающие сжатым воздухом пневмоуправляемую арматуру компрессорных станций (КС), дожимные компрессорные установки (ДКУ) и компрессоры для подземных хранилищ газа (ПХГ) на любые необходимые параметры. Также для ПАО «Газпром», предприятием были разработаны и осуществлены поставки установок подготовки импульсного газа (УПИГ), цехов подготовки газа (БПТГ), блоков фильтров топливного газа (БФТГ), блочных установок подогрева и редуцирования газа (УПРГ), предназначенные для подогрева и регулирования расхода и давления газа при заполнении морского подводного участка газопровода. Производятся и модульные воздушные компрессорные станции типа БВКС, предназначенные для размещения технологического оборудования и подачи сжатого воздуха в качестве барьерного, в концевые лабиринтные сухие газовые уплотнения (СГУ) нагнетателя газоперекачивающего агрегата (ГПА),

для запирания утечек газа проходящих через первичные уплотнения ротора нагнетателя и для других целей.

Блоки фильтров топливного газа

В настоящее время АО «Компрессор» проведены научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области разработки процессов разделения воздуха мембранным способом. Достигнутые значительные успехи позволили разработать мембранные установки разделения воздуха нового поколения. Такие установки выгодно отличаются от криогенного комплекса оборудования и установок, работающих по принципу коротко-цикловой адсорбции, так как упрощают процесс производства азота и позволяют получать его непосредственно на месте эксплуатации. Технология использования полимерных мембран, выполненных в виде полых волокон, в настоящее время является наиболее эффективной, получила всемирное признание и быстро развивается, находя все новые области применения.

Азотные установки применяются на гражданских судах (нефтяных танкеров и т. п.) для создания инертной пожаровзрывобезопасной атмосферы.

АО «Компрессор» разработало и поставляет оборудование для акустической геологоразведки арктического шельфа с применением воздуха высокого давления. Изделия АО «Компрессор» характеризует надежность оборудования поставляемого для судов ВМФ. В условиях Крайнего Севера необходимо использовать только зарекомендовавшее себя оборудование. На морской ледостойкой стационарной платформе «Приразломная», предназначенной для разработки нефтяного месторождения в юго-восточной части Баренцева моря, установлены компрессоры производства нашего завода.

В наземных космических ракетных комплексах космодромов в числе оборудования, обеспечивающего запуск ракет, применяется продукция производства АО «Компрессор».

Сегодня наше оборудование эксплуатируется на ряде объектов ГК «Роскосмоса»:

– ФГУП «Государственный космический научно-производственный центр им. М. В. Хруничева» (ФГУП «ГКНПЦ имени М. В. Хруничева»);

Компрессор ВВД

– ФГУП «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры» (ЦЭНКИ);
– ФГУП «Научно-производственное объединение им. С. А. Лавочкина»;
– ФГУП «Исследовательский центр им. М. В. Келдыша» (Центр Келдыша);
– ФГУП «КБ ХИММАШ им. А.М. Исаева»;
– НИИ стартовых комплексов им. В.П. Бармина и др.

В ходе выполнения работ по модернизации космодромов Байконур, Плесецк единственным поставщиком оборудования рассматривался АО «Компрессор», так как никто из конкурентов не смог предложить более надежное и современное оборудование на требуемые характеристики.

В 2016 г. предприятие осуществило поставку, установило и запустило в эксплуатацию комплекс системы ВВД, обеспечивающий запуск ракеты-носителя «Союз-2.1а» на космодроме «Восточный».

АО «Компрессор» осуществлены поставки оборудования на атомные станции России, стран СНГ и за границу.

Не остались без должного внимания и нужды железнодорожного транспорта.

Компрессор для РЖД

Для обслуживания железнодорожных магистралей, пневматических систем торможения сортировочных станций и других пневматических устройств могут использоваться компрессоры БВКС. Предприятием АО «Компрессор» разработаны специально для грузового электровоза компрессорные агрегаты для пневмосистемы привода тормозов и для привода пантографа. Винтовые компрессоры серии АКВ комплектуются влагомаслоотделителем и фильтрами грубой и тонкой очистки и обеспечивают подачу очищенного и осушенного в соответствии с предъявляемыми требованиями сжатого воздуха в тормозную систему железнодорожных электропоездов нового поколения. Оборудование предприятия работает в Московском метрополитене.

Продукция нашего производства имеет специальное и общепромышленное исполнения, сертификат сейсмостойкости 9 баллов по шкале MSK-64, одобрено Российским морским регистром судоходства, Норвежским Веритас, Регистром Ллойда (Великобритания). Для атомных электростанций поставляется оборудование по специальным требованиям для атомной энергетики – третьему классу качества.

УНИКАЛЬНЫЕ РАЗРАБОТКИ ДЛЯ ВМФ И ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Сегодня практически нет ни одного отечественного надводного или подводного корабля, на котором не были бы установлены компрессоры производства АО «Компрессор». Ими оборудованы всемирно известные научно-исследовательские суда, ледоколы, крупнейшие танкеры, суда космической связи, авианосцы и крейсера, эсминцы, тральщики, суда береговой охраны, подводные лодки всех поколений.

Для новых проектов ВМФ созданы несколько типов компрессорных станций, компрессоров и блоков осушки и очистки воздуха: для всплытия и погружения; для работы в ядерном отсеке; для запуска торпед и ракет; для системы регенерации воздуха; для проведения водолазных работ. В настоящее время поставлены серийные образцы новых компрессоров для подводных атомоходов четвертого поколения «Юрий Долгорукий», «Александр Невский», «Владимир Мономах», «Князь Владимир», «Князь Олег», «Генералиссимус Суворов», «Император Александр III», «Князь Пожарский», «Северодвинск», «Казань», «Новосибирск», «Красноярск», «Архангельск», «Пермь» и др.

Компрессор высокого давления

Решается важная задача – достижение низкой виброактивности в компрессорах благодаря созданию устройств уравновешивания инерционных сил и применению специальных средств виброизоляции и виброгашения, использованию оригинальных конструкторских решений.

Для исключения взрывов воздушных систем из-за скапливания масла в трубопроводах на предприятии создан компрессор без смазки на высокое давление.

Также создан комплекс уникальных испытательных и измерительных стендов, на которых отрабатываются новые конструкции компрессоров и отдельных узлов, в том числе большие научные работы ведутся по самодействующим клапанам, уплотнениям поршней без смазки, что позволяет создавать уникальное оборудование, не имеющее мировых аналогов. Благодаря созданному цеху по сборке систем автоматического управления (САУ) компрессорами и блоками осушки поставляемое заказчику изделие надежно работает в самых сложных условиях эксплуатации.

Уникальность оборудования АО «Компрессор» – в его малошумности, высокой степени очистки сжатого воздуха, малых массогабаритных характеристиках, высоких ресурсных показателях, полной автоматизации, возможности эксплуатации в условиях крена и дифферента, наддува и разрежения, радиоактивной среде, блок-контейнерное исполнение позволяет транспортировать и устанавливать полностью готовое к эксплуатации изделие на открытых площадках как в условиях крайнего севера так и на юге.

Разработаны установки для получения азота мембранным методом из воздуха прямо на борту корабля и сжатия его до давления 40 МПа. Серийно решены вопросы поставки компрессоров с дизельным приводом.

Разработано сопутствующее оборудование, позволяющее контролировать содержание воды и масла в сжатом воздухе. Осуществлены поставки автономно работающих блочных транспортабельных компрессорных станций высокого давления на удаленные береговые объекты ВМФ РФ.

В продукции нашего изготовления отсутствуют комплектующие иностранного производства. В отличие от европейского, где распространено изготовление конечной продукции на предприятиях, имеющих в своем составе только сборочное производство, АО «Компрессор» выпускает продукцию на основе производства полного цикла (начиная от заготовок коленчатых валов, шатунов, поршней и т.д), что повышает устойчивость предприятия, несмотря на изменяющиеся условия поставки комплектующих со стороны сторонних организаций.

ФСБ, войска стратегического назначения, МЧС также являются потребителями продукции АО «Компрессор».

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ

Выпускаемая предприятием номенклатура постоянно обновляется путем внесения конструктивных изменений, применения современных технологий и материалов, замены старых систем автоматики на новые, отвечающие требованиям эксплуатирующих организаций.

При этом индекс компрессора не меняется, поскольку это прежде всего узнаваемое изделие с устоявшимся позитивным имиджем, прочно ассоциирующееся в сознании потребителей с определенным оборудованием.

Компрессор для сжатия специальных газов

Сегодня АО «Компрессор» готово обеспечить не только все строящиеся и ремонтируемые речные и морские суда, военно-морские корабли, ракетно-космические войска стратегического назначения, космодромы, но и осуществить поставки для энергетики, российских железных дорог и других отраслей промышленности специализированными компрессорами и блоками осушки воздуха высокого давления, компрессорами низкого и среднего давления и другим машиностроительным оборудованием.

Продление срока эксплуатации и поддержание компрессоров в рабочем состоянии осуществляет Сервисная служба завода. Она оказывает весь спектр услуг производственного характера и поставку запасных частей, а именно: ремонт компрессорного оборудования любой сложности, замену устаревшего компрессорного оборудования на новое, диагностику и дефектацию оборудования.

РАЗВИТИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО НОВОГО ЗАВОДА

Для расширения возможностей основных производственных мощностей, расположенных на Выборгской стороне Санкт-Петербурга, АО «Компрессор» ведет строительство заводских корпусов в промзоне «Парнас», где будет создано высокотехнологичное производство, использующее технологии, базирующиеся на отработанных методах производства, но с учетом современных достижений в профильных областях. Современные станки с числовым программным управлением позволят изготовлять детали на основе загруженных в программу станка 3-мерных моделей. Планируется введение 5- и 4-осевой обработки на новом оборудовании, внедрение в технологический процесс координатно-измерительных машин, профилометров для контроля чистоты поверхности и др.

Удобное, с точки зрения транспортной доступности, расположение нового завода позволит разместить серийное производство крупногабаритных изделий. Первоначальная задача – построить четыре корпуса. По мере готовности производственные площади будут вводиться в эксплуатацию, а полностью завершить строительство планируется в следующем десятилетии.

Завод «Компрессор» – многопрофильное предприятие энергетического машиностроения. В трудной конкурентной борьбе предприятие продолжает отстаивать завоеванные позиции одного из основных в нашей стране поставщиков компрессорного оборудования. ■

Строительство нового производства в промзоне «Парнас»

«ЦНИИ СМ»: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СУДОВОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

***М.А. Александров**, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, директор,*
***А.Г. Богданов**, зам. директора, ЗАО «ЦНИИ СМ»,*
контакт. тел. (812) 640 1051

В настоящее время ЗАО «ЦНИИ СМ» представляет собой современный научно-проектный институт судового машиностроения, обладающий мощным научно-техническим потенциалом и выполняющий весь цикл проектирования машиностроительных изделий – от исследования до разработки конструкторской документации и участия в испытаниях, а также обеспечения гарантийного и сервисного обслуживания изделий судового машиностроения (ИСМ), находящихся в эксплуатации. Практически на всех отечественных судах установлены изделия ЗАО «ЦНИИ СМ». В кратчайшие сроки была разработана и освоена в серийном производстве широкая номенклатура ИСМ для строительства современных кораблей ВМФ и судов гражданского флота различных классов и назначений [1].

Необходимо особо отметить выполнение институтом целого ряда таких наукоемких работ:

1. Разработка модификации аэрофинишеров, входящих в состав посадочного комплекса самолетов, на авианесущий крейсер и полигон НИУТКА. Была предложена методика измерения параметров аэрофинишеров, определены основные характеристики входящих в него отдельных устройств, разработаны и исследованы математические модели и проведены натурные испытания аэрофинишера, оптимизирована его структура и размещение на объекте и полигоне.
2. Оборудование подводного бурового комплекса.
3. Судовые палубные краны грузоподъемностью 16, 80, 20, 10, 25 т, включая кран «Атлант» грузоподъемностью 12,5 т; кран-манипулятор для подводных аппаратов; краны мостовые судовые с электрическим приводом для подъемно-транспортных работ в машинных отделениях грузоподъемностью от 3,2 до 10 т.
4. Электрогидравлические рулевые машины третьего поколения с расширенным диапазоном крутящих моментов до 4000 кН·м.
5. Успокоители качки.
6. Лебедки различного назначения, шпили, комплект электрогидравлических механизмов для устройства транспортировки корабельных вертолетов и привода ворот ангара.
7. Обратноосмотическая опреснительная установка производительностью 20 м^3/сут и другие устройства водоподготовки; бактерицидный аппарат «БАКТ-3» для обеззараживания пресной воды методом ультрафиолетового облучения, получивший диплом на Международной выставке в Брюсселе; блоки фильтров грубой очистки морской воды.
8. Аксиально-поршневые гидромоторы и насосы для гидравлических приводов судовых механизмов.
9. Распределители электромагнитные, гидроаппаратура.
10. Машины гидравлические поворотные.
11. Системы местного управления, сигнализации и контроля.
12. ЗАО «ЦНИИ СМ» имеет лицензии на разработку изделий судового машиностроения военного и гражданского назначения, а также сертификаты соответствия систем менеджмента качества на гражданскую и военную технику.

Только за 2005–2016 гг. по разработанным проектам ЗАО «ЦНИИ СМ» изготовлены и поставлены на объекты строительства отечественного флота целый ряд новых изделий судового машиностроения, основными из которых являются:

Для оснащения кораблей ВМФ:

- устройство транспортировки вертолета, спуско-подъемное устройство (СПУ ПБВ-М) для изделия «Минотавр-М» (для заказа 20380);
- устройство ИКУ-135 СНМ (для заказа 08770);
- лебедка ЛГС-4–1 А, обратноосмотическая опреснительная установка ПРО-5, кран-манипулятор КМ-1 (для заказа 02668);
- рулевые машины ВР, КГР и НГР, лебедка ЛГС-39–2 (для заказа «Борей»);
- модернизированное устройство УПВ1–3 (для заказа 09710);
- шпиль гидравлический ШГ-28 (для заказа 09851);
- кран-балка КБЭВ-1, два крана КЭГ 80019 С, лебедки ЛТП-6, ЛБГ-40 и ЛГГ-80 (для заказа 20180);
- гидравлические приборы ЛСУ «Фианит-1» (для заказа 10831);
- спуско-подъемное устройство (СПУ) для МБЛ6 П-02;
- лебедка ЛГС-38 (для заказа 08850);
- блок гидравлики, СМК-1 (для заказа 16811);
- успокоитель качки УК-4,5 (для заказа 20380);
- кран КЭГ 20031 С (для заказа 20360).

Для судов гражданского флота:

- блок фильтров грубой очистки забортной воды (для Морской ледовой стационарной платформы (МЛСП) «Приразломная»);
- рулевая машина РГПМ-1;
- «Шланг В-250» (для заказа 00120);
- лебедки ЛЯШ-125/300–4 шт. (для заказа 91030);
- кран КЭГ 2013 (для ПАО «Газпром»).

Для экспортных заказов были разработаны, изготовлены и поставлены ИСМ, основными из которых являются следующие:

- комплексы устройств УХПТВ (для заказов 956ЭМ);
- рулевые машины Р-35Э, изделия «Светлана-2 НИ» (для заказа 11430);
- головной образец шпиля ШГ25–1 (для заказа «Амур-1650»);
- рулевая машина РЭГ8–3 МЭ (для заказа 11356).

Деловое и научно-техническое сотрудничество связывает ЗАО «ЦНИИ СМ» со многими предприятиями России и зарубежными фирмами.

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

Все более широкое применение информационных технологий в ИСМ расширяет их функциональные возможности, повышает технологичность и адаптивность к условиям применения на корабле (судне).

При освоении в опытном и серийном производствах наукоемких изделий судового машиностроения были предъявлены новые повышенные требования к их изготовлению и испытаниям, что неизбежно привело к освоению новых эффективных производственных технологий и появлению требований к обновлению производственных мощностей, реализующих ИСМ.

Показатели конкурентоспособности рождаются в процессе создания наукоемких технологий в полном смысле этого понятия как законченного цикла

от начала разработки нового изделия до его серийного освоения в производстве и стимулируют качественное развитие всех сторон научно-технической и производственной деятельности предприятия.

Совершенствуя изделия судового машиностроения для отечественного флота в процессе создания и реализации востребованной конкурентоспособной продукции, ЗАО «ЦНИИ СМ» непрерывно ведет сложный процесс конкурентной борьбы за достойное место как на внешнем, так и на внутреннем рынках страны.

Однако на этом пути судового машиностроения имеются весьма серьезные проблемы. Основными являются следующие [1, 3]:

1. Оснащенность производства, реализующего разработанные ЗАО «ЦНИИ СМ» ИСМ, в значительной степени устаревшим оборудованием с износом порядка 60%, что осложняет освоение предлагаемых современных эффективных технологий.
2. Поскольку качество корабля и, следовательно, его конкурентоспособность во многом зависят от аналогичных свойств ИСМ, которые создаются не только для одного строящегося корабля, но и для многих других, со всей очевидностью возникает необходимость в постоянной государственной финансовой поддержке НИОКР по судовому машиностроению в виде целевых государственных программ. Отсутствие системно проводимых НИОКР, финансируемых как ранее из госбюджета по перспективным направлениям развития ИСМ, не способствует их усовершенствованию и пагубно сказывается на подготовке профессиональных кадров для судостроительной отрасли, а нехватка специалистов, прежде всего средних и высших категорий, отрицательно влияет на качество создаваемого оборудования и сроки его создания.
3. Строительство для ВМФ кораблей в небольших количествах также не способствует развертыванию в должной мере мощностей ИСМ, производственная недогрузка которых доходит до 50%. Производство ИСМ при этом приобретает характер фактически единичного изготовления. Это обстоятельство вызывает неоправданные материальные издержки при их создании, которые приводят к их значительному удорожанию, так как все затраты, в том числе на проектные и технологические работы, приводятся к единичному изделию, что в итоге снижает его конкурентоспособность.
4. Отсутствие возможности изготовления серии новых типов судового машиностроительного оборудования по указанной причине также исключает возможность системного проведения работ по совершенствованию перспективного судового оборудования и накоплению средств на обновление производственных мощностей и освоение новых эффективных технологий.

Создание наукоемких современных ИСМ часто требует большего времени, чем время, отведенное на строительство судна (корабля), конкурентоспособность которых напрямую зависит от технических характеристик и стоимости этих изделий.

Указанные очевидные проблемы являются главными идеологическими предпосылками для принятия системно-образующих мероприятий по развитию судового машиностроения, которое должно выполнять свою главную роль – обеспечение судовым комплектующим оборудованием строительства отечественных конкурентоспособных, перспективных судов и кораблей.

Важное, если не главенствующее, значение [2] все больше приобретает острейшая проблема подготовки высококвалифицированных специалистов, которые были бы способны непосредственно в производственных условиях ставить актуальные задачи и участвовать в их решении. Это в полной мере относится как к подготовке молодых специалистов, так и к профессиональному дополнительному обучению, переподготовке и повышению квалификации специалистов судового машиностроения.

В ЗАО «ЦНИИ СМ» работают специалисты высшей квалификации, среди которых дипломированные ученые, заслуженные машиностроители РФ, заслуженные конструкторы РФ и целый ряд сотрудников, отмеченных государственными наградами. В 2013 г. два специалиста ЗАО «ЦНИИ СМ» защитили кандидатские диссертации, в настоящее время двое заканчивают работу над кандидатскими диссертациями и один специалист учится в аспирантуре СПбГПУ.

С целью подготовки инженерных и научных кадров [3] по ИСМ при ЗАО «ЦНИИ СМ» создан филиал кафедры «Технология судового машиностроения» СПбГМТУ, на которой проходят обучение специалисты, поступившие в заочную аспирантуру, а также абитуриенты, изъявившие желание учиться по следующим направлениям: «Машиностроение» и «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

В соответствие с протоколом совместной деятельности предусмотрена организация целевой подготовки из числа наиболее квалифицированных специалистов ЗАО «ЦНИИ СМ» по научным специальностям: 05.02.08 – «Технология машиностроения»; 05.08.04 – «Технология судостроения, судоремонта и организация судостроительного производства».

Авангардная роль функционально сложившегося научно-производственного комплекса судового машиностроения определяется, прежде всего, конкурентоспособностью его продукции, зависящей в основном от технического уровня, качества, стоимости и сроков поставки изделий судового машиностроения, которое в судостроительной практике принято называть – судовое комплектующее оборудование. К показателям конкурентоспособности относятся:

- уровень профессионализма персонала;
- уровень оснащения современными эффективными средствами проектирования и испытаний ИСМ;
- системное проведение НИОКР по развитию основных актуальных направлений ИСМ;
- системное обновление современных технологий проектирования и испытаний;
- широкое освоение CALS-технологий при проектировании новых изделий судового машиностроения;
- наличие учебно-производственного центра для подготовки, переподготовки, повышения квалификации персонала предприятия и решения сложных научно-технических проблем.

Системное выполнение работ по рассмотренным направлениям с соответствующим научно-техническим обеспечением создает основополагающие условия стратегического развития ЗАО «ЦНИИ СМ» с обеспечением его конкурентоспособности в современных рыночных условиях, сохранением и развитием потенциала проектирования изделий судового машиностроения до настоящего времени [3].

Поэтому для обеспечения конкурентоспособности ИСМ и поддержания ее постоянно на надлежащем уровне, исходя из современной технико-экономической идеологии, необходимо обеспечить проведение работ по следующим стратегическим направлениям:

1. Создание научно-производственного кластера судового машиностроительного производства с

освоением новых эффективных технологий (за счет ФЦП и собственных средств предприятия).

2. Обеспечение предприятия высокопрофессиональными инженерными и научными кадрами за счет:
   - ускоренной адаптации к производству студентов СПбГМТУ, прошедших обучение в филиале кафедры при предприятии;
   - подготовки перспективных специалистов для защиты кандидатских диссертаций;
   - проведения ежегодного конкурса работ молодых специалистов.
3. Выполнение на постоянной системной основе работ по опережающему проектированию перспективного оборудования на базе НИОКР, финансируемых как из собственных средств, так и из средств госбюджета (Федеральные целевые программы). Это проектирование должно заключаться в разработке типовых рядов перспективного оборудования на уровне не ниже технического проекта. При этом они должны разрабатываться, исходя из обозримой ближней и дальней перспективы строительства судов и кораблей и с учетом освоения производством современных эффективных технологий.
4. Создание научно-методического производственного центра в области технологии судового машиностроения с целью:
   - актуализации проблем развития и модернизации судового машиностроения, а также разработки и решения этих проблем;
   - обеспечения информационно-логистической поддержки жизненного цикла судов и кораблей за счет поставки ИСМ отечественного производства;
   - сертификации производственных процессов и научно-технической продукции на предприятиях отрасли;
   - определения перспективных направлений подготовки специалистов, владеющих современными методами создания конкурентоспособной импортозамещающей продукции.
5. Обеспечение целевой подготовки и переподготовки высококвалифицированных специалистов для удовлетворения потребностей ЗАО «ЦНИИ СМ», а также других предприятий и организаций отрасли по специализациям [4]:
6. технология производства судового оборудования, машин и механизмов;
   - управление качеством изготовления изделий судового машиностроения;
   - технология ремонта и реновации судового машиностроительного оборудования;
   - технология утилизации и переработки отходов производственных процессов с высокой экологической чистотой и безопасностью.
7. Развитие научно-технического сотрудничества на основе выполнения хоздоговорных НИР, ОКР и ОТР в соответствии с тематическими планами при условии обязательного привлечения аспирантов и студентов СПбГМТУ, в том числе за счет целевой подготовки сотрудниками ЗАО «ЦНИИ СМ» диссертаций на соискание ученых степеней в области:
   - совершенствования разработок, организации проектирования, изготовления, испытаний, ремонта и реновации ИСМ;
   - обеспечения информационно-логистической поддержки жизненного цикла судов и кораблей за счет поставки ИСМ отечественного производства;
   - повышения надежности ИСМ и др.
8. Развитие сотрудничества в учебно-методическом направлении за счет [5]:
   - повышения активности участия сотрудников ЗАО «ЦНИИ СМ» в учебном и научном процессах кафедры «Технологии судового машиностроения СПбГМТУ»;
   - более активного и раннего включения студентов целевого обучения в осознанное решение насущных проблем судового машиностроения на базе производственной и технологической практик, а также выполнения курсовых и дипломных работ на конкретные темы, имеющие практическое значение для нужд производства;
   - технической помощи со стороны ЗАО «ЦНИИ СМ» в оснащении лабораторной, стендовой и материальной базы кафедры «Технологии судового машиностроения» СПбГМТУ, а также создания условий для проведения производственных практик.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Арутюнян А.А., Суслов Д.В., Завируxо В.Д.* В авангарде отечественного судового машиностроения: К 40-летию ЦНИИ судового машиностроения // Морской вестник.– 2010.– № 3 (35).– С. 25–27.
2. *Арутюнян А.А., Суслов Д.В., Завируxо В.Д., Георгиев А.А.* К вопросу повышения технологичности судового комплектующего оборудования // Морской вестник.– 2010.– № 3 (35).– С. 28–30.
3. *Арутюнян А.А., Суслов Д.В., Завируxо В.Д.* Техническое перевооружение и модернизация производственных мощностей – главное направление развития отечественного судового машиностроения в современных экономических условиях: К 185-летию ОАО «Пролетарский завод» // Морской вестник.– 2011.– № 3 (39).– С. 35–37.
4. *Черненко В.И., Суслов В.Ф.* Современные проблемы и перспективы развития отечественного судового машиностроения // Морской вестник.– 2007.– № 1.– С. 24–26.
5. *Коноваленко Н.И.* Кадровая политика комплексного предприятия судового машиностроения в современных экономических условиях // Морской вестник.– 2007.–№ 1.– С. 15–17.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ КОРАБЕЛЬНЫМ ГИДРОПРИВОДОМ

С.М. Дудин, *канд. техн. наук, проф., доцент*
БГТУ им. Д.Ф. Устинова,
А.Ю. Мазуренко, *инженер-конструктор 3-й категории*
АО «СПМБМ «Малахит»,
контакт. тел. (812) 495 7743, 242 1531

Оборудование, размещенное за основным (прочным) корпусом подводной лодки (ПЛ), должно быть спроектировано с таким расчетом, чтобы оно было способно работать в условиях воздействия на него большого гидростатического давления, импульсного давления при подводном взрыве и агрессивной морской среды. Одной из систем, которыми оборудована ПЛ, являются ее гидравлические системы.

В состав гидравлической системы, помимо прочего, входит гидравлический привод, принципиальная схема которого приведена на рис. 1. Энергия давления рабочей жидкости, генерируемая насосом, преобразуется гидродвигателем, выполненным в виде гидромотора или силового гидроцилиндра, в механическую энергию. Устройства управления предназначены для изменения параметров потока рабочей жидкости, которые и будут определять кинематические и силовые характеристики.

В данном случае рассматривается гидропривод с кулисным механизмом (рис. 2), который предназначен для открывания (закрывания) крышек контейнеров, в которых размещаются специзделия. Исполнительным элементом привода в данном случае служит силовой гидроцилиндр, который создает усилие, необходимое для приведения в действие кулисного механизма.

Опыт разработки корабельных гидравлических приводов, который имеется в АО «СПМБМ «Малахит», позволяет оценить его силовые и энергетические параметры на основании статического расчета, в котором динамические и инерционные нагрузки учитываются соответствующими коэффициентами запаса. В данном случае расчет проводился для 10 значений угла открывания крышки контейнера, учитывались весовые и гидродинамические силы, причем последние считались квазистационарными, пульсации, возникающие при реальном обтекании водой конструкции, не учитывались.

Компоновка приводов подразумевала, что гидроцилиндры (с трубопроводами), входящие в состав гидроприводов с кулисным механизмом, расположены в пространстве между основным и наружным (легким) корпусом ПЛ (рис. 3). Гидроаппаратура, относящаяся к гидроцилиндрам, находится внутри основного корпуса.

Целью расчетного исследования была оценка применения пропорционального управления приводом, при котором закон движения поршня со штоком в гидроцилиндре регулируется порциально, т.е. за счет подачи

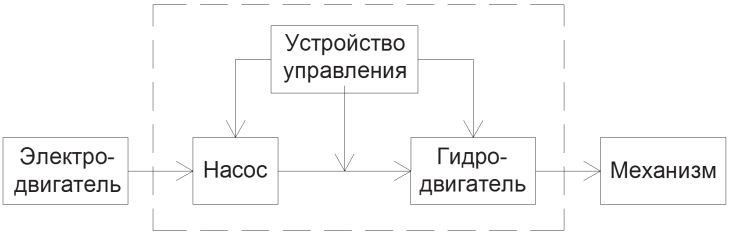


Рис. 1. ***Принципиальная схема гидропривода***

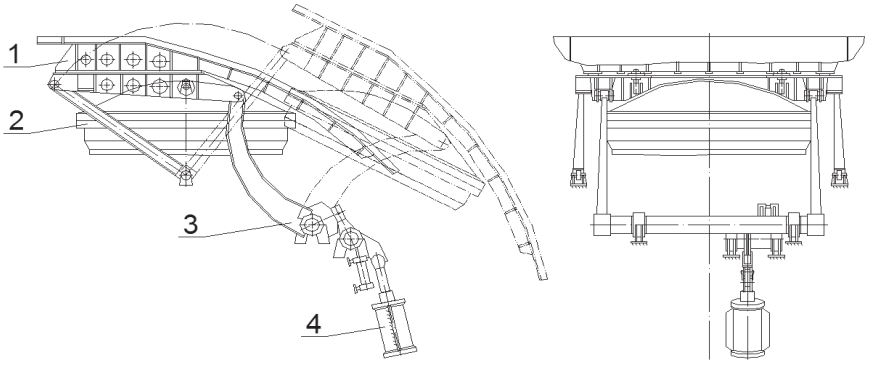


Рис. 2. ***Гидропривод с кулисным механизмом***
1 – обтекатель, 2 – крышка, 3 – кулисный механизм, 4 – гидроцилиндр

специально выверенных объемов жидкости, а усилие на штоке определялось давлением рабочей жидкости в этих объемах. Ранее проведенные исследования [1, 2, 4] показали, что пропорциональное управление является более точным по сравнению с другими методами. Это объясняется, в частности, тем, что в последние годы появились клапаны и регуляторы, обеспечивающие высокоточное пропорциональное регулирование давления и расхода рабочей жидкости.

Конструкция некоторых клапанов позволяет устанавливать их в системе управления, а также передавать различные параметры, такие как давление, положение и тип регулировки. При изменении характеристик процесса или нагрузки, клапаны могут подстраиваться в рабочем режиме с помощью специальных алгоритмов, предназначенных для регулировки.

Применение пропорционального управления в рассматриваемом гидравлическом приводе ПЛ и других приводах расположенных снаружи ее прочного корпуса позволяет защитить от внешних воздействий элементы управления и автоматики гидроприводов, которые оказываются, как правило менее стойкими к этим воздействиям. Кроме того, расположение этих элементов в обитаемой зоне, отсеках ПЛ, повышает их ремонтопригодность и надежность оборудования в целом.

Рассмотрим работу привода при обычном способе управления. Приводной насос перекачивает рабочую жидкость с постоянным расходом, давление, им создаваемое, в процессе всего рабочего цикла, например открывания крышки, остается пос-

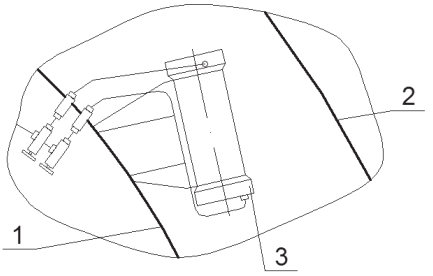


Рис. 3. ***Размещение гидроцилиндра***
1 – основной корпус, 2 – наружный корпус, 3 – гидроцилиндр

тоянным, следовательно, мощность, вырабатываемая насосом, также постоянна независимо от нагрузки на выходном звене гидроцилиндра. Из гидродинамики известно, что чем выше скорость течения жидкости в трубе, тем больше пульсации давления, которые, распространяясь по металлоконструкции, приводят к возникновению структурного шума, являющегося демаскирующим фактором для ПЛ. К этому же приводит работа насоса и приводного двигателя на максимальных режимах.

Приводной насос имеет следующие характеристики: объемный расход $Q = 0{,}0009$ м^3/с, давление напора $p = 14000000$ Па, максимальная мощность насоса $N_{max} = 18\,800$ Вт.

Мощность насоса

$$N = Q \cdot p. \qquad (1)$$

Численные значения мощности насоса для различных положений крышки приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры привода при обычном управлении

№ пол.	*p*, Па	*Q*,м^3/с	*N*, Вт
1	2	3	4
Открывание			
0	14 000 000	0,0009	12 600
1	14 000 000	0,0009	12 600
…	…	…	…
10	14 000 000	0,0009	12 600
Закрывание			
0	14 000 000	0,0009	12 600
1	14 000 000	0,0009	12 600
…	…	…	…
10	14 000 000	0,0009	12 600

Из табл. 1 видно, что при открывании и закрывании крышки численные значения мощности для всех положений равны 12 600 Вт.

Одним из преимуществ гидропривода, работающего по принципу пропорционального управления, является возможность снизить потребляемую энергию за счет управления мощностью приводного насоса в соответствии с действующей нагрузкой. Это приводит к снижению шума. При этом исходят из того, что пропорциональное управление является средством, а целью является снижение шума, производимого гидроприводом при его использовании.

Расчетное исследование проводилось для гидроцилиндра, имеющего следующие характеристики: диаметры поршня и штока гидроцилиндра $D = 0{,}28$ м, $d = 0{,}11$ м; площади поршня и штока гидроцилиндра $F_п = \pi \cdot D^2 / 4 = 0{,}062$ м^2, $F_ш = \pi \cdot (D^2 - d^2) / 4 = 0{,}052$ м^2; полный КПД гидроцилиндра $\eta_0 = 0{,}95$.

Давление, создаваемое в гидроцилиндре

$$p = P_{дт} / (F \cdot \eta_0), \qquad (2)$$

где $P_{дт}$ – максимальное приведенное усилие, действующее на шток гидроцилиндра, Н.

Численные значения мощности при открывании и закрывании крышки контейнера, в случае регулирования мощности, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры привода в случае регулирования его мощности

№ пол.	$P_{дт}$, Н	*p*, Па	*N*, Вт
1	2	3	4
Открывание			
0	122 370	1 887 980	1910
1	223 570	3 449 270	3820
2	318 560	4 914 800	5890
3	367 890	5 675 960	7060
4	241 990	3 733 520	4200
5	91 910	1 417 980	1400
6	247 770	3 822 610	4320
7	200 100	3 087 120	3350
8	70 740	1 091 350	1050
9	49 210	759 210	720
10	146 510	2 260 440	2340
Закрывание			
0	122 450	2 233 920	2260
1	38 960	710 860	660
2	33 840	617 300	570
3	90 680	1 654 440	1620
4	73 600	1 342 800	1300
5	182 660	3 332 380	3560
6	606 060	11 056 870	16 260
7	651 920	11 893 690	18 010
8	472 430	8 618 980	11 580
9	277 770	5 067 560	5870
10	124 030	2 262 820	2290

По табл. 2 определяем, что среднее значение мощности при открывании крышки равно 3280 Вт. При этом максимальное значение мощности равно 7060 Вт. Среднее значение мощности при закрывании крышки равно 5820 Вт. Наибольшие значения мощности равны 16 260 Вт и 18 010 Вт.

При сравнении данных из табл. 1 и табл. 2 обнаруживаем следующее:

- при открывании крышки, в случае управления мощностью насоса, его средняя мощность в 3,8 раза меньше чем, в случае если бы средняя мощность не менялась. При этом максимальное значение мощности (3-е положение), в случае управления мощностью насоса, в 1,8 раза меньше средней мощности, вырабатываемой насосом в случае, когда средняя мощность не меняется;
- при закрывании крышки, в случае управления мощностью насоса, его средняя мощность в 2,2 раза меньше, чем в случае, если бы средняя мощность не менялась. При этом значения мощности для 6-го и 7-го положения в случае управления мощностью насоса в 1,3 и 1,4 раза, соответственно, больше средней мощности, вырабатываемой насосом в случае, когда средняя мощность не меняется.

Таким образом, при открывании и закрывании крышки, в случае управления мощностью насоса, его средняя мощность существенно меньше, чем в случае работы с постоянной мощностью. Максимальное значение мощности при открывании крышки в случае управления мощностью насоса меньше средней мощности, вырабатываемой насосом в режиме постоянной мощности, а при закрывании крышки наибольшие значения мощности для двух положений в случае управления мощностью насоса больше средней мощности, вырабатываемой насосом в случае, когда мощность не меняется.

На рис. 4 в упрощенном виде показано направление потока сигналов в системе пропорциональной гидравлики. Сигнал в виде напряжения подается на усилитель. Усилитель преобразует это напряжение в ток. Ток воздействует на пропорциональный электромагнит, который перемещает клапан. Исполнительный элемент преобразует энергию жидкости в кинетическую энергию, при этом, скорость и усилие исполнительного элемента могут настраиваться в широких пределах.

Шум генерируется возмущающими воздействиями, которые могут иметь гидродинамическую, механическую и электромагнитную природу. Нас интересуют, в первую оче-

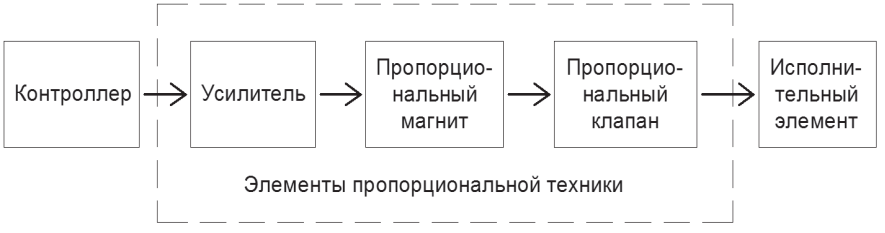


Рис. 4. ***Поток сигналов в пропорциональной гидравлике***

редь, гидродинамические источники шума, к которым относятся взаимодействие неравномерного и турбулентного потоков жидкости с элементами оборудования, пульсация давлений, распространение шума в среде и т. д. Пульсации давления происходят с различными амплитудами и частотами, что резко увеличивает вероятность резонансных явлений в металлоконструкциях.

Поскольку насосы не имеют рабочего места, измерения производят на условном рабочем месте, в качестве которого принимают поверхность в форме параллелепипеда, отстоящую от огибающего параллелепипеда на 1 м. Измерения проводились по стандартной методике [5], в качестве датчиков использовались микрофоны и акустические зонды.

Исследование по определению уровня шума L проводилось для случая [3], когда были заданы следующие условия: расстояние от источника шума $r = 1$ м, частота $\nu = 200$ Гц, интенсивность шума $I_0 = 0{,}10$ нВт/м^2, коэффициент затухания звуковой волны $\gamma = 5 \cdot 10^{-4}$ м$^{-1}$.

Численные значения уровня шума при открывании и закрывании крышки контейнера приведены в табл. 3 и табл. 4.

Из приведенных данных видно, что среднее значение уровня шума при открывании крышки равно 123,2 дБ. При этом максимальное значение уровня шума равно 127,5 дБ. Среднее значение уровня шума при закрывании крышки равно 124,0 дБ. При этом наибольшие значения уровня шума равны 131,1 дБ и 131,6 дБ.

При сравнении данных из табл. 3 и табл. 4 обнаруживаем следующее:

- при открывании крышки в случае управления мощностью насоса среднее значение уровня шума на 5,2% меньше, чем в случае, если бы мощность не менялась. При этом максимальное значение уровня шума (3-е положение) в случае управления мощностью насоса на 1,9% меньше среднего значения уровня шума, образуемого в случае работы с постоянной мощностью;
- при закрывании крышки, в случае управления мощностью насоса среднее значение уровня шума на 4,6% меньше, чем в случае с постоянной мощностью. При этом значения уровня шума для 6-го и 7-го положения, в случае управления мощностью насоса, на 0,9% и 1,2%, соответственно, больше среднего значения уровня шума в режиме работы с постоянной мощностью.

Таблица 3

Определение уровня шума при открывании и закрывании крышки приводом с постоянной мощностью

№ пол.	*N*, Вт	*L*, дБ
1	2	3
Открывание		
0	12 600	130
1	12 600	130
...	...	...
10	12 600	130
Закрывание		
0	12 600	130
1	12 600	130
...	...	...
10	12 600	130

Таблица 4

Определение уровня шума при открывании и закрывании крышки приводом с регулируемой мощностью

№ пол.	*N*, Вт	*L*, дБ
1	2	3
Открывание		
0	1910	121,8
1	3820	124,8
2	5890	126,7
3	7060	127,5
4	4200	125,2
5	1400	120,5
6	4320	125,4
7	3350	124,3
8	1050	119,2
9	720	117,6
10	2340	122,7
Закрывание		
0	2260	122,6
1	660	117,2
2	570	116,6
3	1620	121,1
4	1300	120,1
5	3560	124,5
6	16 260	131,1
7	18 010	131,6
8	11 580	129,6
9	5870	126,7
10	2290	122,6

Таким образом, при открывании и закрывании крышки, в случае управления мощностью насоса, среднее значение уровня шума меньше, чем, в случае, если бы средняя мощность не менялась. При этом максимальное значение уровня шума при открывании крышки, в случае управления мощностью насоса, также меньше, чем при работе с постоянной мощностью.

Из сказанного выше можно заключить, что теоретически возможно снизить среднее значение уровня шума на 5,2% при открывании крышки и на 4,6% при закрывании крышки.

Результаты проведенных исследования позволяют сделать следующие выводы.

Одним из существующих способов управления работой гидроприводов является их управление, осуществляемое по принципу пропорционального управления, т.е. когда движение поршня в гидроцилиндре регулируется специально выверенным объемом жидкости. Преимуществом гидропривода пропорционального управления является наличие возможности снизить потребляемую энергию за счет управления мощностью насоса в соответствии с действующей нагрузкой.

Проведенные исследования показали, что за счет управления мощностью насоса, основанном на принципе пропорционального управления, при открывании и закрывании крышки контейнера возможно снизить среднее значение уровня шума приблизительно на пять процентов, то есть уменьшить шум, сопутствующий процессам открывания и закрывания, а это, в свою очередь, позволяет в некоторой степени уменьшить шумность ПЛ и тем самым снизить вероятность ее обнаружения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Пановко Я.Г.* Основы прикладной теории колебаний и удара. – М.: Кн.Д «ЛИБРОКОМ», 2015. – 272 с.
2. *Мандраков Е.А., Никитин А.А.* Динамика гидросистем: Монография. – М.: ИНФРА-М; Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. – 128 с.
3. *Кабисов К.С., Камалов Т.Ф., Лурье В.А.* Колебания и волновые процессы: Теория. Задачи с решениями.– Изд. 3-е.– М.: Кн. Д «ЛИБРОКОМ», 2014. – 360 с.
4. *Шольц Д.* Пропорциональная гидравлика: учебник / Пер. с нем. – Киев: ДП «Фесто», 2002. – 123 с.
5. ГОСТ 31300–2005 «Шум машин. Насосы гидравлические. Испытания на шум». ■

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОД МИРОВОГО ОКЕАНА

***П.Ю. Петров**, начальник сектора,*
***Л.В. Медовников,** инженер-конструктор 3-й категории, ООО «Винета»,*
контакт. тел. +7 (905) 208 2204

В настоящее время «Винета» – одно из немногих российских предприятий, способное обеспечить вновь проектируемые и ремонтируемые корабли и суда полным комплексом оборудования российского производства с одобрением IMO по формам MEPC для предотвращения сбросов в Мировой океан (МАРПОЛ 73/78).

Сегодня воды Мирового океана стали одной из самых загруженных транспортных артерий. Десятки тысяч судов ежедневно выходят и возвращаются в порт, находятся в открытом море для выполнения различных задач: промысла, перевозки грузов, патрулирования и т.д.

Каждое из этих судов становится временным домом для своей команды, поэтому на борту необходимо создать комфортные условия для экипажа, чтобы он мог полностью сконцентрироваться на текущей работе. Современные суда оснащены целым комплексом обеспечивающих систем, позволяющих полностью контролировать любой аспект его жизни.

В связи со все увеличивающимся мировым флотом мировое сообщество все более жестко контролирует степень своего влияния на флору и фауну Мирового океана. К экологичности новых судов предъявляются все более жесткие требования.

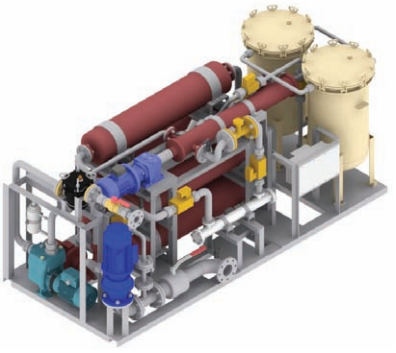
В настоящее время основополагающим документом для соблюдения экологических норм является Международная конвенция по предупреждению загрязнения с судов (МАРПОЛ). Она была принята в 1983 г. и постоянно дополняется. Основное положение конвенции – минимизация заражения океана чужеродными субстанциями с судов. К таким субстанциям относятся: нефть, твердые и жидкие химические вещества, бытовые отходы, сточные воды, переносимые микроорганизмы, водоросли и планктон и т.д. Конвенция предусматривает создание на судах комплекса систем, предотвращающих сброс в океан необработанных стоков от оборудования, обеспечивающего жизнедеятельность судов. Установка такого комплекса – обязательное требование, которое необходимо удовлетворять при постройке новых судов и ремонте уже введенных в строй для обеспечения их допуска в международные воды.

В 2015 г. компания «Винета» начала работы по созданию первых составных частей такого комплекса систем: установок очистки бытовых сточных вод и очистки нефтесодержащих льяльных вод. Одной из основных целей было создание образца изделия, отвечающего всем современным требованиям экологичности и безопасности. Проект разрабатывался в рамках программы импортозамещения за счет собственных средств ООО «Винета».

Испытания опытных образцов прошли в феврале–мае 2016 г. под надзором Российского морского регистра судоходства (РМРС). Установки получили международные сертификаты по форме MEPC.107(49) – нефтесодержащие льяльные воды; MEPC.227(64) – бытовые сточные воды. После успешного завершения испытаний установки поставлены на вновь создаваемый по чертежам ЦКБ «Балтсудопроект» буксир «Сергей Балк» пр. 23470.

УСТАНОВКА ОЧИСТКИ БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД (УОСВ)

Установка очистки сточных вод типа УОСВ, использующая электрохимический способ обеззараживания, предназначена для очистки сточных вод без применения дополнительных реагентов.



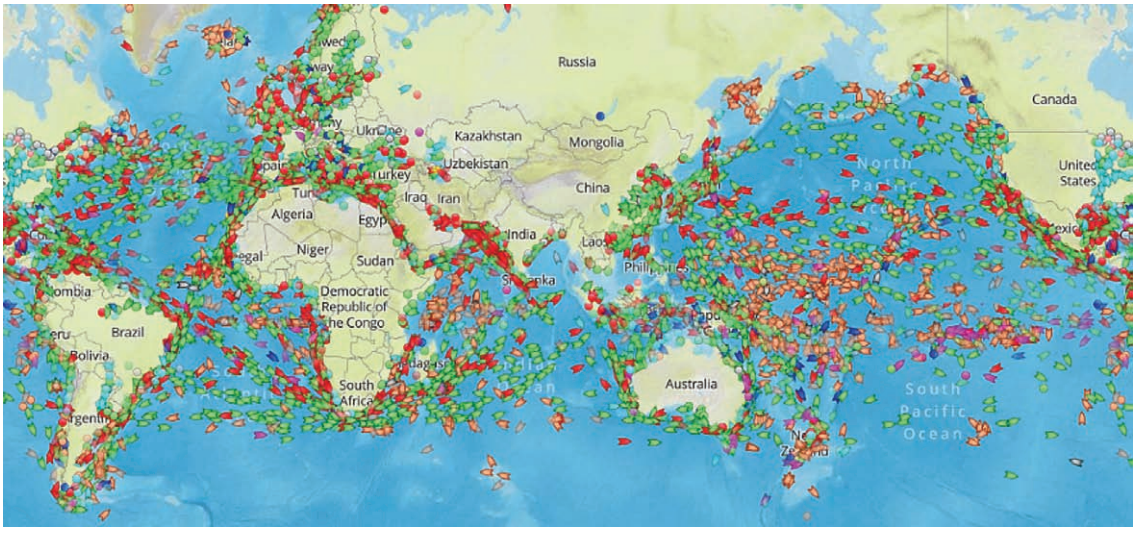
Внешний вид УОСВ

Таблица 1

Результаты испытаний УОСВ

Контролируемый параметр	Норма MEPC.227(64)	Результаты испытаний УОСВ
БПК$_5$, мг/л	Не более 25	0,56
Коли индекс на 100 мл	Не более 100	0
Остаточный хлор, мг/л	Не более 0,5	0,05
ХПК, мг/л	Не более 125	44
pH	6–8,5	6,7

Она совершенно безопасна для обслуживающего персонала: герметична, контакт оператора с химическими агентами исключается. С помощью электролизера внутри установки вырабатывается гипохлорит натрия (NaOCl), служащий дезинфицирующим агентом и обладаю-



Районы наиболее интенсивного загрязнения Мирового океана

щий сильнейшими бактерицидными и окислительными свойствами. Сточные воды, подвергшиеся обработке гипохлоритом натрия, достигают показателей, которые считаются допустимыми для непосредственного сброса вод за борт. Таким образом исключается загрязнение океана, а также необходимость наличия дополнительной накопительной цистерны для хранения сточных вод. В настоящее время машиностроительным предприятием «Винета» создан типоряд данных установок, производительностью от 14 до 50 м^3 сточных вод в сутки.

УСТАНОВКА ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ЛЬЯЛЬНЫХ ВОД (УОНСВ)

Внешний вид УОНСВ

Таблица 2

Результаты испытаний УОНСВ

Испытательная жидкость	Норма MEPC.107(49), мг/л	Результат испытаний УОНСВ, мг/л
Дизельное топливо	15	0,5
Мазут флотский		2,37
Смесь ПАВ, мазута и дизельного топлива		1,6

Льяльными считаются воды, загрязненные нефтепродуктами, которые скапливаются в нижних технических помещениях корабля. Сброс нефтесодержащих вод чрезвычайно опасен для морской среды. За счет разницы плотностей при попадании в воду нефтепродукты скапливаются на ее поверхности, мешая естественному кислородному обмену, что приводит к гибели живых организмов в акватории Мирового океана.

Установка для очистки нефтесодержащих (льяльных) вод (УОНСВ), разработанная компанией «Винета», представляет собой двухступенчатую коалесцентную систему отделения трюмной (льяльной) воды от нефтепродуктов.

На первой ступени сепарации используется высокопроизводительный коалесцентный блок для удаления основной части свободных нефтесодержащих включений и для отделения твердых частиц. На второй ступени происходит фильтрация оставшихся и эмульгированных частиц нефтепродуктов.

В корпусе коалесцентной очистки твердые включения оседают на дно отстойника, а свободные капельки нефтепродуктов задерживаются на коалесцентных пластинах. При низкой скорости потока внутри сепаратора, свободные нефтепродукты выделяются из потока из-за разности в плотности. Трассировка потока в коалесцентном блоке максимально увеличивает степень контакта с элементами разделения сред пластин блока, что улучшает прилипание капель нефтепродуктов. Во время цикла сброса нефтепродуктов собравшиеся в нефтесборнике нефтепродукты сливаются в специальную корабельную емкость, предназначенную для хранения взрывоопасных веществ.

После коалесцентного блока предварительно очищенная от примесей нефтепродуктов вода попадает в блок доочистки, который состоит из блока фильтров различной конструкции. Фильтроэлементы захватывают оставшиеся частицы нефтепродуктов. Эти частицы вымываются с потоком жидкости, скапливаясь на поверхности фильтроэлементов, и всплывают в нефтесборнике, предусмотренном для каждого фильтра блока доочистки. Во время цикла сброса нефтепродуктов нефтепродукты по мере накопления сливаются в корабельную емкость сбора нефтепродуктов.

Испытания установки, проходившие под наблюдением РМРС, военной приемки Министерства обороны РФ, Международной морской организации (IMO), показали, что степень освобождения воды от нефтепродуктов в УОНСВ значительно превосходит предписанные IMOMEPC.107(49).

УСТАНОВКА ОПРЕСНЕНИЯ МОРСКОЙ ВОДЫ (УОМВ)

Следующим этапом работ стало создание установки, обеспечивающей личный состав судна пресной питьевой водой. Весной 2016 г. «Винета» приступила к созданию установки опреснения морской воды (УОМВ). Проект поддержал Департамент Минобороны по обеспечению государственного оборонного заказа. Согласно совместно утвержденному решению, «Винета» за счет собственных оборотных средств создан опытный образец опреснительной установки для нужд ВМФ РФ.

Ключевыми требованиями при создании установки являлись достижение питьевого качества воды на выходе из установки без применения дополнительных систем очистки, а также сохранение производительности при низких температурах забортной воды. Установка УОМВ создается из российских комплектующих на собственных производственных мощностях «Винеты». В настоящее время опытный образец установки проходит завершающую стадию межведомственных испытаний перед принятием на снабжение флотом, которая запланирована на апрель 2017 г. По завершении междуведомственных испытаний УОМВ получит литеру О1, статус серийного изделия, одобрение на поставку на суда ВМФ РФ, а также свидетельство о типовом одобрении РМРС.

Внешний вид УОМВ

Согласно реализации дорожной карты МАРПОЛ, специалисты предприятия «Винета» ведут активную работу по проектированию и созданию установки очистки балластных вод. Помимо загрязнения океана продуктами отработки силовых установок судов, бытовыми отходами и сточными водами, не менее опасно заражение вод чужеродными организмами. Поэтому перед сбросом балласта в океан необходима его тщательная обработка и уничтожение всех микроорганизмов и микрофлоры.

В настоящее время создан опытный образец системы обработки балластных вод. В планах разработка типоряда систем производительностью до 350 м^3 в сутки. Основной задачей является проектирование конкурентоспособной техники из российских комплектующих. Установка по обработке балластных вод разрабатывается под надзором РМРС в соответствии с требованиями протоколов МАРПОЛ и резолюции MEPC.174(58). Испытания опытного образца запланированы на июль 2017 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ермошин Н.Г., Калугин В.Н., Корнилов Э.В., Кулешов И.Н.* Судовые установки очистки сточных вод.– Одесса: Фенікс, 2004.
2. *Коваленко В.Ф., Лукин Г.Я.* Водоопреснительные установки судовые», 1970.
3. *Кузубова Л.И., Морозов С.В.* Очистка нефтесодержащих льяльных вод»/ Изд-во РАН, 1992.
4. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships.– IMO.– MARPOL 73/78, 2005. ■

К 50-ЛЕТИЮ И.С. СУХОВИНСКОГО

ООО «Винета»,
контакт. тел. (812) 493 5048

6 мая 2017 г. руководителю предприятия «Винета» Игорю Семеновичу Суховинскому исполнилось 50 лет.

Родился Игорь Семенович в городе Тернополь УССР. В 1985 г. окончил специализированное профессиональное техническое училище № 5 по специальности электромонтер. Прошел службу в Советской армии.

В 1995 г. окончил Ленинградский гидрометеорологический институт по специальности океанология (квалификация – инженер-океанолог).

25 июля 1996 г. Игорь Семенович основал машиностроительное предприятие «Винета» и с 1 августа 1996 г. по настоящее время возглавляет его.

Предприятие проектирует и изготовляет изделия для нужд военного кораблестроения и гражданского судостроения.

ООО «Винета» – одно из немногих предприятий на территории Тосненского района Ленинградской области, которое выполняет государственный оборонный заказ. На предприятии работает более 320 человек.

За годы успешной работы в непростые времена кризиса Игорю Семеновичу удалось построить надежное предприятие, номенклатура выпускаемых изделий которого насчитывает более тысячи наименований. В прошлом году предприятие отметило 20-летний юбилей производственной деятельности.

На предприятии ведется непрерывная работа по освоению новых изделий, расширению линейки уже выпускаемой продукции.

Игорь Семенович входит в состав редакционного совета журнала «Морской вестник». Является членом Санкт-Петербургского Морского Собрания.

За большой личный вклад в разработку, испытание и ввод в строй кораблей, подводных лодок, летательных аппаратов и другой военной техники, предназначенной для военно-морского флота главнокомандующим ВМФ Игорь Семенович награжден медалями Министерства обороны Российской Федерации «Адмирал Флота Советского Союза С. Г. Горшков» и «За морские заслуги в Арктике».

Санкт-Петербургским Морским Собранием Игорь Семенович награжден орденом «За заслуги в морской деятельности 3-й степени», орденом «За трудовую доблесть» 2-й степени.

За добросовестный труд, высокий профессионализм и личный вклад в дело строительства военно-морского флота И.С. Суховинскому объявлена благодарность заместителя главнокомандующего ВМФ по вооружению, он удостоен благодарности Законодательного собрания и губернатора Ленинградской области.

От главы администрации муниципального образования Тосненского района Ленинградской области ему вручена почетная грамота.

Игорь Семенович принимает активное участие в общественной жизни Тосненского района и ряда общественных и научных организаций Санкт-Петербурга.

Игорь Семенович увлекается различными видами спорта и поощряет увлечение спортом работников предприятия: в административном здании оборудован тренажерный и бильярдный залы, тир.

Коллектив предприятия поздравляет Игоря Семеновича с юбилеем, желает ему здоровья и дальнейших творческих успехов!

Редакция и редколлегия журнала «Морской вестник» присоединяются к этим поздравлениям и желают юбиляру доброго здоровья и успешной деятельности на благо Отечества. ■

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ АО «АРМАЛИТ»

П.А. Лебедева, *специалист по маркетингу АО «Армалит», контакт. тел. (812) 459 4555*

Проходная завода «Знамя Октября»

История АО «Армалит» (до 1993 г. – «Знамя Октября») берет свое начало в 1878 г.

В конце XIX в. началась реконструкция Каменноостровского проспекта. На смену огородам и деревянным общественным зданиям строятся каменные постройки, открывается движение по конно-железной дороге. Весь район приобретает парадный вид. Потянулись сюда промышленники и купцы. На Каменноостровском, 9-11 саксонец Рудольф Грош основывает литейно-арматурный завод и предоставляет рабочие места для 120 жителей. В цехах начали делать пожарные трубы и арматуру для котлов.

В августе 1887 г. советник коммерции Рихард Людвигович Лангензипен из Магдебурга приобрел завод в собственность, занялся расширением производства и строительством новых зданий. Здесь стали выпускать водяную и газовую арматуру, приводные насосы, паровые и ручные пожарные трубы, арматуру для паровых котлов и машин. Освоили изготовление электрического и телефонного оборудования. В 1895 г. на Лангензипена трудилось 650 рабочих.

Члены правления и мастера завода Лангензипена, 1917 г.

Чугуно-медно-литейный механический завод и арматурная фабрика Лангензипена завоевывали все новые сферы рынка. Их продукция получала первые призы на выставках в Казани, Полтаве, Юрьеве, Одессе, Омске, Царском Селе, а в 1906 г. – в Милане. При этом сам владелец предпочитал жить в Германии, а в Петербурге его бизнес вел брат Альфред.

В 1911 г. Рихард Людвигович создал акционерное общество «Лангензипен и К°». Устав общества в ноябре 1911 г. утвердил император Николай II. К 1912 г. общество имело сеть филиалов в Москве, Риге, Киеве, Харькове, Варшаве, а также представительства в 14 городах империи. Расширялось предприятие и в самой столице. Основная часть литейного производства переехала за Нарвскую заставу (современную территорию производственного комплекса АО «Армалит»), а на Петербургской стороне остались механические мастерские, часть чугунолитейного производства и склады готовой продукции.

Начавшаяся Первая мировая война не затронула жизнь семьи Лангензипена. Предприятие переименовали в «Акционерное общество механических заводов для производства арматуры, машин и предметов снабжения армии и флота». Стали выполнять заказы военного ведомства: изготавливать снаряды, огнеметы, мины, питательные насосы и нефтяное отопление для судов флота, воздушную арматуру высокого давления для подводных лодок, насосы, арматуру и манометры для технических учреждений. Правда, после начала войны Рихард Лангензипен оставил пост председателя правления, и из его состава вышли все немецкие подданные. Однако капиталы, которые фирма получала от производства оружия для войны с Германией, еще более года отправляли Лангензипену. В конце 1915 г. он продал свои акции за три миллиона рублей и дом в Петербурге. Теперь акциями бывшего «Лангензипен и К°» распоряжались частные лица, среди которых были князь Кудашев и барон Врангель, а основным владельцем считался Русский торгово-промышленный банк.

Война только увеличивала доходы. Незадолго до революции основной капитал предприятия составлял уже десять миллионов рублей. Революцию завод встретил демонстрациями, забастовками. Красногвардейцы из числа работников бывшего завода Лангензипена участвовали не только в патрулировании на Петроградской стороне и возле Марсова поля, но и в штурме Зимнего.

В июне 1918 г. согласно приказу Совета Народных Комиссаров завод был национализирован. Однако это не пошло на пользу производству. Уже в декабре 1918-го здесь оставалось не более 30 квалифицированных рабочих, одна лошадь и велосипед. Положение чуть улучшилось в 1921 г., когда на заводе начали ремонт и восстановление, вскоре смогли выпустить партию в 700 кранов для артиллерийских тягачей. В начале 1922 г. здесь трудились 120 человек, через год – около 300. В ноябре 1922 г. завод получил название «Знамя Октября». Его первым управляющим стал бывший рабочий – Набловский.

Механосборочное производство в 50-х гг. XX в.

Вековая история «литейки» отмечена различными достижениями, специалисты завода были пионерами в освоении различных технологий и видов литья.

АО «Армалит» – компания полного цикла производства, имеющая вековую историю, основным направлением деятельности которой являются проектирование, производство и сервисное обслуживание трубопроводной арматуры. Предприятие производит арматуру для судов и кораблей, а также для нефтяной, газовой, химической отраслей промышленности. АО «Армалит»

предоставляет услуги по механической обработке деталей, производит резинометаллические амортизаторы всех типов и размеров, поковки, отливки из чугуна, стали и цветных металлов.

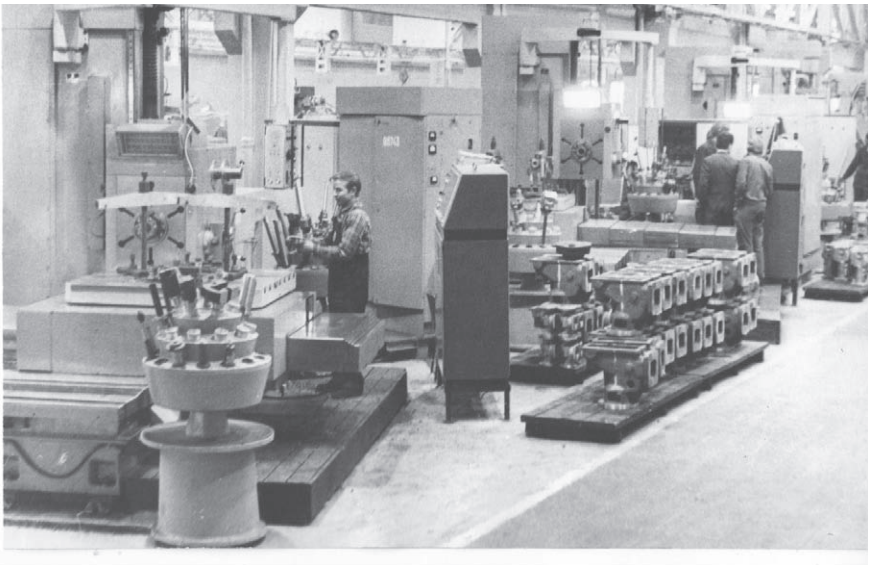
Литейное производство

С 2006 г. генеральным директором АО «Армалит» является Александр Викторович Кузнецов. С его приходом на предприятии начали реализовываться внутренние инновационные программы, направленные на развитие компании. В 2009 г. был дан старт глобальной внутренней программе перевооружения предприятия. С 2008 г. и по настоящее время инвестиции в производство составили 1,904 млрд. руб.

Генеральный директор АО «Армалит» А.В. Кузнецов

Цеха предприятия оснащены высокоточным и высокопроизводительным металлорежущим оборудованием ведущих европейских производителей (DMG, Trevisan), открыто опытное производство.

Обновлен станочный парк в литейном, модельном, инструментальном, механосборочных цехах. Переоснащена центральная заводская лаборатория, а также введена в строй рентгенографическая лаборатория, позволяющая применять современные способы неразрушающего контроля, введен в эксплуатацию сварочный участок, совершенствуется испытательная и исследовательская базы (климатическая камера).



Расточные станки с ЧПУ, 1975 г.

Новые станки позволили повысить в 3–7 раз производительность и качество работ, сократить сроки изготовления продукции.

В настоящее время руководит АО «Армалит» команда молодых эффективных управленцев, средний возраст которых – 40 лет. Каждый из них получил дополнительные знания в бизнес-школах или в рамках президентской программы подготовки управленческих кадров для организаций народного хозяйства РФ. Опыт и профессионализм топ-менеджмента позволяет разрабатывать и внедрять масштабные проекты, способствующие переходу предприятия на новый уровень.

Производство судовой трубопроводной арматуры — основное направление деятельности АО «Армалит». Ассортимент продукции включает в себя более 5,8 тыс. наименований, в их числе – кингстоны (Ду 50-300); клапаны быстрозапорные, запорные и невозвратно-запорные (Ду 50-200); клапаны и заслонки дроссельные (Ду 50-100), клапаны предохранительные (Ду 20-250); клапаны регулирующие (Ду 10-100); клапаны концевые пожарные (Ду 50-65); клапаны редукционные (Ду 10-100); коробки 2- и 3-клапанные, возвратные и невозвратно-запорные (Ду 65-200); фильтры судовые (Ду 20-350); задвижки клинкетные (Ду 50-950); захлопки путевые (Ду 20-150), краны шаровые (Ду 10-150), дисковые затворы (Ду 50-1200).

Структура АО «Армалит» включает в себя конструкторское бюро, технологическую службу, модельное, инструментальное, кузнечно-прессовое, литейное, механосборочное производства, испытательную и исследовательскую базы, центральную заводскую лабораторию и лабораторию неразрушающих методов контроля.

Специализация КБ имеет следующие направления: проектирование арматуры для нефтяной, газовой и химической промышленности; для атомной промышленности; судовой арматуры; электроприводов.

Выплавка заготовок в литейном цеху

Силами конструкторского бюро за несколько лет была разработана линейка новых изделий для ледоколов, в том числе донный клапан, сильфонная арматура, дистанционно управляемая арматура. Выполнена сложнейшая работа по созданию арматуры с электроприводами для подводного флота. Разработаны типоряды шаровых кранов, дисковых затворов, арматуры для перевозки сжиженных углеводородов, наземных стартовых комплексов для космодромов и многое другое. Изготовлено более 100 опытных изделий.

Вся продукция предприятия отличается высочайшей надежностью и используется на судах.

АО «Армалит» имеет развитую систему послепродажного обслуживания, которая включает в себя поставку от-

Линия горизонтально-расточных обрабатывающих центров

дельных запасных частей и полных ремкомплектов к изделиям, гарантийный и послегарантийный ремонт.

В рамках возросшего спроса на продукцию АО «Армалит» в 2015 г. оптимизировало производственный процесс: с нуля запущены несколько производственных участков, на 25% увеличился штат предприятия, в первую очередь сотрудников рабочих специальностей, продолжается переоснащение станочного парка. Началось внедрение системы «Бережливое производство», которое позволило сократить отдельные производственные процессы в 4 раза (с традиционных 74 до 18 дней). Диагностика процессов для дальнейшего повышения эффективности работы предприятия идет полным ходом.

Современные механообрабатывающие станки с ЧПУ

На сегодняшний день приоритетом АО «Армалит» является совершенствование конструкции и технологии производства судовой арматуры в соответствии с современными требованиями потребителей, а также увеличение стойкости наплавки уплотнительных полей и применение новых полимерных композиций для шаровых кранов.

В центральной заводской лаборатории

Продукция «Армалита» поставляется на подводные лодки, корабли и суда для ВМФ и для гражданских заказчиков: АПЛ пр. 885 («Ясень»), 955 («Борей»), НАПЛ пр. 636, 877 («Варшавянка»), «Амур-950», «Амур-1650», эсминцы пр. 956, фрегаты пр. 22350, пр. 11356, в том числе для иностранного заказчика, корветы пр. 20380 и пр. 20385, авианосец «Викрамадитья» пр. 11430, большой десантный корабль «Иван Грен» пр. 11711, ледокол «Илья Муромец» пр. 21180, плавучую атомную теплоэлектростанцию (ПАТЭС) «Академик Ломоносов», атомный ледокол «Арктика» пр. 22220, атомный ледокол «50 лет Победы» пр. 10521, танкеры пр. 05-55 (серия «Мосты»).

Постоянными клиентами являются судостроительные и судоремонтные компании: АО Прибалтийский судостроительный завод «Янтарь», АО «Судостроительный завод «Северная верфь», АО «Адмиралтейские верфи», АО «ПО «Севмаш», промышленные предприятия: ОАО «МЗ Арсенал», ЗАО «НПО «Компрессор», АО «Пролетарский завод», АО «Силовые машины», ОАО «Минский завод колесных тягачей», ООО «Уральский дизель-моторный завод», предприятия ЖКХ и железнодорожного транспорта и др.

Вся продукция, разрабатываемая в АО «Армалит», активно продвигается на российский рынок. Предприятие участвует в выставочных мероприятиях, деловых программах форумов и конференций, в том числе организуемых на государственном уровне.

АО «Армалит» активно сотрудничает с ведущими средними профессиональными и высшими учебными заведениями города в области машиностроения, готовит и развивает молодые профессиональные кадры. Ежегодно около 30 практикантов приобретают здесь опыт по рабочим и инженерным специальностям под руководством профессионалов машиностроения. Талантливым выпускникам «Петровского колледжа» по специальности «Технология машиностроения» предлагается трудоустройство.

История АО «Армалит» на этом продолжается. Предприятие укрепляет свои позиции в отрасли, в планах выход на рынок гражданского судостроения, внедрение пластиковой арматуры и расширение общепромышленной линейки.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Сосипатрова О.А.* Нарвская застава // 2016. – 5 (349). – 8 с.
2. *Томкевич И.Г.* Очерки истории завода / Под ред. Е.Л. Раковского. – Л.: Лениздат, 1972.
3. Проспект «Знамя Октября» /Под ред. Р.Н. Корженевской. – Л.: Лениздат, 1978.
4. Сайт АО «Армалит» http://www.armalit1.ru/
6. Господин коммерции советник // Собака.ru – 2008. – №61 (январь).
7. *Метцель и Ко.* Список фабрик и заводов России за 1910 год, №8408. – 337 с.

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ НА ТОК ЗАМЫКАНИЯ В СУДОВОЙ ЭЭС

Г.Н. Цицикян, *д-р техн. наук, проф., действительный член АЭН РФ, ученый секретарь НТС,*
Ю.Д. Баранов, *инженер, филиал «ЦНИИ СЭТ» ФГУП «Крыловский государственный научный центр»,*
контакт. тел. (812) 748 5239

Проблема повышения электро- и пожаробезопасности в судовой электроэнергетической системе (ЭЭС) является весьма актуальной, чем и объясняется значительное количество публикаций, пособий, стандартов и руководящих документов, так или иначе освещающих эту проблему [1–4].

Изложение вопроса будем вести на примере, отражающем ситуацию в результате прямого контакта человека с токоведущей частью одной из фаз либо при прикосновении к изолированному от земли металлическому корпусу оборудования, в котором произошел пробой изоляции одной из фаз.

На рис. 1 изображена электрическая схема после прямого контакта человека с одной из фаз, в данном случае фазой *A*.

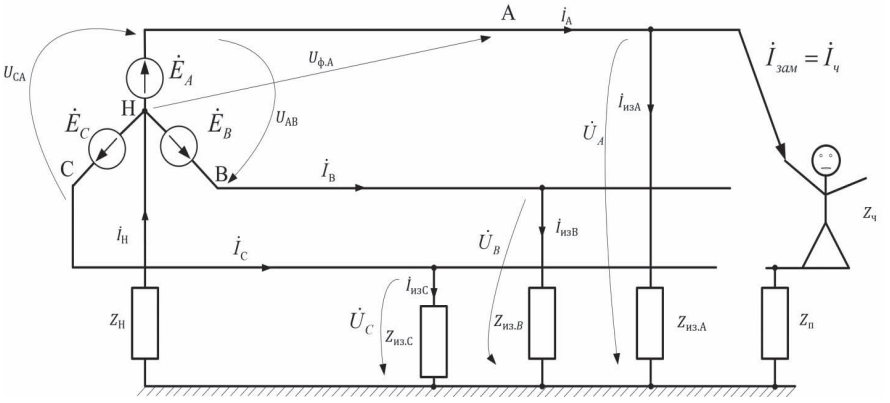


Рис. 1

Здесь $\dot{E}_A, \dot{E}_B, \dot{E}_C$ – комплексы электродвижущих сил трехфазной системы; $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$ – обозначения комплексных токов в фазах *A, B, C*, где $\dot{I}_A = \dot{I}_{из.A} + \dot{I}_ч$; $Z_{из.A}, Z_{из.B}$ и $Z_{из.C}$ – сопротивления изоляции фаз *A, B, C*; $Z_ч + Z_П = Z_{зам}$ – соответственно сопротивление тела человека плюс переходное сопротивление, в сумме обозначаемое как $Z_{зам}$; $\dot{I}_H$ – комплекс тока нейтрали; Z_H – комплексное сопротивление нейтрали; $\dot{U}_{AB}$ и $\dot{U}_{CA}$ – линейные напряжения, $\dot{U}_{\phi.A}$ – фазное напряжение для фазы *A*, выбранное так, как показано на рис. 1.

На основании данной схемы запишем

$$\dot{I}_H = \dot{I}_A + \dot{I}_{из.B} + \dot{I}_{из.C}, \qquad (1)$$

причем

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{зам} + \dot{I}_{из.A} \qquad (2)$$

и $\dot{I}_{зам} = \dot{I}_ч$.

На основании (1) и (2) имеем

$$\dot{I}_H = \dot{I}_{зам} + \sum_{N=A,B,C} \dot{I}_{из.N}. \qquad (3)$$

Следующие три выражения запишем для $\dot{U}_{\phi.A}, \dot{U}_{AB}$ и $\dot{U}_{CA}$ (см. рис. 1). Тогда

$$\dot{U}_{\phi.A} = -\left(\dot{I}_A Z_A + \dot{I}_H Z_H\right), \qquad (4)$$

где $Z_A = \dfrac{Z_{зам} Z_{из.A}}{Z_{зам} + Z_{из.A}}$;

$$\dot{U}_{AB} = \dot{U}_A - \dot{U}_B = \dot{I}_A Z_A - \dot{I}_{из.B} Z_{из.B}; \qquad (5)$$

$$\dot{U}_{CA} = \dot{U}_C - \dot{U}_A = -\dot{I}_A Z_A + \dot{I}_{из.C} Z_{из.C}. \qquad (6)$$

Поэтому разность

$$\dot{U}_{AB} - \dot{U}_{CA} = 2\dot{I}_A Z_A - \left(\dot{I}_{из.B} + \dot{I}_{из.C}\right) Z_{из}, \qquad (7)$$

где предположено, что выполняются равенства $Z_{из.B} = Z_{из.C} = Z_{из}$, которые допускаются, как правило, без особой погрешности.

В дальнейшем будем также считать, что без особой погрешности $Z_{из.A} = Z_{из}$.

Подставим (1) в уравнение (4):

$$-\dot{U}_{\phi.A} = \dot{I}_A \left(Z_A + Z_H\right) + \left(\dot{I}_{из.B} + \dot{I}_{из.C}\right) Z_H. \qquad (8)$$

Из уравнений (7) и (8) можно найти $\dot{I}_A$ после подстановки суммы $\left(\dot{I}_{из.B} + \dot{I}_{из.C}\right)$ из (7), а именно:

$$\dot{I}_{из.B} + \dot{I}_{из.C} = 2\dot{I}_A \frac{Z_A}{Z_{из}} - \frac{\dot{U}_{AB} - \dot{U}_{CA}}{Z_{из}}. \qquad (9)$$

Подставляя (9) в (8), получаем

$$-\dot{U}_{\phi.A} = \dot{I}_A \left(Z_A + Z_H\right) + 2\dot{I}_A \frac{Z_A}{Z_{из}} Z_H - \frac{\dot{U}_{AB} - \dot{U}_{CA}}{Z_{из}} Z_H.$$

В итоге ток $\dot{I}_A$ определяется выражением

$$\dot{I}_A = \frac{-\dot{U}_{\phi.A} Z_{из} + \left(\dot{U}_{AB} - \dot{U}_{CA}\right) Z_H}{\left(Z_A + Z_H\right) Z_{из} + 2 Z_A Z_H}. \qquad (10)$$

Нетрудно показать, что для симметричной системы векторов

$$\dot{U}_{AB} - \dot{U}_{CA} = -3\dot{U}_{\phi.A}. \qquad (11)$$

Тогда (10) можно переписать в виде

$$\dot{I}_A = -\dot{U}_{\phi.A} \frac{Z_{из} + 3Z_H}{\left(Z_A + Z_H\right) Z_{из} + 2 Z_A Z_H}. \qquad (12)$$

Ток через тело человека $\dot{I}_{зам} = \dot{I}_ч$ определим, исходя из уравнения

$$\dot{I}_ч Z_{зам} = \left(\dot{I}_A - \dot{I}_ч\right) Z_{из}. \qquad (13)$$

Поэтому

$$\dot{I}_{зам} = \dot{I}_ч = \frac{\dot{I}_A}{Z_{зам} Z_{из}^{-1}}. \qquad (14)$$

Подставим в выражение (14) величину $\dot{I}_A$ по формуле (12). Имеем

$$\dot{I}_{зам} = -\dot{U}_{\phi.A} \frac{Z_{из} + 3Z_H}{\left[\left(Z_A + Z_H\right) Z_{из} + 2 Z_A Z_H\right]\left(\dfrac{Z_{зам}}{Z_{из}} + 1\right)} = -\dot{U}_{\phi.A} \frac{1 + 3Z_H Y_{из}}{\left(Z_A + Z_H + 2 Z_A Z_H Y_{из}\right)\left(Z_{зам} Y_{из} + 1\right)}. \qquad (15)$$

Введем некоторые уточняющие предположения. Будем считать, что $Z_{из} = Y_{из}^{-1} = \left(g_{из} + j\omega C_ф\right)^{-1}$, где $g_{из}$ – активная проводимость изоляции, а $\omega C_ф$ – емкостная проводимость фазы относительно земли (корпуса). Сопротивление Z_A определяется в соответствии с рис. 2 и равно $Z_A = \dfrac{1}{g_{из} + j\omega C_ф + Y_{зам}} = \dfrac{1}{Y_A}$.

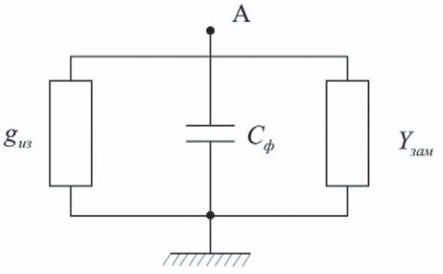


Рис. 2

Далее преобразуем (15) к виду

$$\dot{I}_{зам} = -\dot{U}_{\phi A} Y_A \frac{1 + 3Z_H Y_{из}}{\left(1 + Z_H Y_A + 2 Z_H Y_{из}\right)\left(Z_{зам} Y_{из} + 1\right)}.$$

Подставив Y_A, $Y_{из}$, запишем

$$\dot{I}_{зам} = -\dot{U}_{\phi A}\left(g_{из} + j\omega C_ф + Y_{зам}\right) \times \frac{1 + 3Z_H\left(g_{из} + j\omega C_ф\right)}{\left[1 + Z_H\left(g_{из} + j\omega C_ф + Y_{зам}\right) + 2Z_H\left(g_{из} + j\omega C_ф\right)\right]\left[Z_{зам}\left(g_{из} + j\omega C_ф\right) + 1\right]}. \qquad (16)$$

При этом $Y_{зам} = g_{зам} = \dfrac{1}{R_{зам}} = \dfrac{1}{R_ч + R_П}$,

если исходить из предположения, что оба сопротивления $Z_ч$ и $Z_П$ имеют резистивный характер. Введем предположение, что величина $g_{из}$ равна нулю и сопротивление нейтрали является чисто резистивным, т.е. $Z_Н = R_Н$. Тогда

$$\dot{I}_{зам} = -\frac{\dot{U}_{ф.A}}{R_{зам}}\left(j\omega C_ф R_{зам}+1\right)\times \times\frac{1+3R_Н j\omega C_ф}{\left[1+R_Н\left(j\omega C_ф+\frac{1}{R_{зам}}\right)+\right.} \rightarrow \leftarrow \frac{}{\left.+2R_Н j\omega C_ф\right]\left[j\omega C_ф R_{зам}+1\right]} = = -\frac{\dot{U}_{ф.A}}{R_{зам}}\frac{1+3R_Н j\omega C_ф}{1+\frac{R_Н}{R_{зам}}+3R_Н j\omega C_ф}. \quad (17)$$

В частном случае изолированной нейтрали, когда $R_Н \to \infty$, ток замыкания

$$\dot{I}_{зам}\big|_{R_Н\to\infty} = -\frac{\dot{U}_{ф.A}}{R_{зам}}\frac{3R_{зам}j\omega C_ф}{1+3R_{зам}j\omega C_ф}. \quad (18)$$

Переходя в (18) к модулям, получаем [3]

$$I_{зам}\big|_{R\to\infty} = U_{ф.A}\frac{3\omega C_ф}{\sqrt{1+\left(3R_{зам}\omega C_ф\right)^2}} = = U_{ф.A}\frac{1}{\sqrt{X_{Соб}^2+R_{зам}^2}}, \quad (19)$$

где $X_{Соб}$ – сумма емкостных сопротивлений всех трех фаз, принятых одинаковыми.

К преимуществам изолированной нейтрали следует отнести малый ток фазного замыкания. Недостатки отмечены в [3]. Здесь целесообразно вернуться к формуле (16), полагая в (16) $Z_Н \to \infty$. В этом случае можно показать, что комплекс тока замыкания

$$\dot{I}_{зам}\big|_{Z_Н\to\infty} = -\frac{\dot{U}_ф}{R_{зам}}\frac{3\left(g_{из}+j\omega C_ф\right)}{\left(3g_{из}+g_{зам}+3j\omega C_ф\right)}.$$

Модуль предыдущего выражения равен:

$$I_{зам}\big|_{Z_Н\to\infty} = = 3U_ф g_{зам}\sqrt{\frac{g_{из}^2+\left(\omega C_ф\right)^2}{\left(3g_{из}+g_{зам}\right)^2+\left(3\omega C_ф\right)^2}}. \quad (20)$$

Соответственно, напряжение цепи замыкания

$$U_{зам} = 3U_ф\sqrt{\frac{g_{из}^2+\left(\omega C_ф\right)^2}{\left(3g_{из}+g_{зам}\right)^2+\left(3\omega C_ф\right)^2}}. \quad (21)$$

К выражению (21) приводится и формула, упоминаемая в [6] как формула Л. П. Подольского (7.1), если в последней положить $g_A = g_B = g_C = g_{из}$.

Из (17) в другом крайнем случае, когда $R_Н = 0$, находим

$$\dot{I}_{зам} = -\frac{\dot{U}_{ф.A}}{R_{зам}}. \quad (22)$$

Для промежуточных значений $R_н$ модуль тока замыкания (17) приобретает вид

$$I_{зам} = \frac{U_{ф.A}}{R_{зам}}\sqrt{\frac{1+\left(3R_Н\omega C_ф\right)^2}{\left(1+\frac{R_Н}{R_{зам}}\right)^2+\left(3R_Н\omega C_ф\right)^2}} = = \frac{U_{ф.A}}{R_{зам}}\sqrt{\frac{1+\left(\frac{R_Н}{X_{Соб}}\right)^2}{\left(1+\frac{R_Н}{R_{зам}}\right)^2+\left(\frac{R_Н}{X_{C.об}}\right)^2}}, \quad (23)$$

где $X_{Соб} = \frac{1}{3\omega C_ф}$.

Видоизменяя полученное выражение (23), найдем, что [3]

$$I_{зам} = \frac{U_{ф.A}}{\sqrt{\left(R_{зам}+\frac{R_Н X_{C.об}^2}{R_Н^2+X_{C.об}^2}\right)^2+\left(\frac{R_Н^2 X_{C.об}}{R_Н^2+X_{C.об}^2}\right)^2}}. \quad (24)$$

Полагая $3\omega C_ф R_Н > 1$, приходим к неравенству

$$R_Н > \frac{1}{3\omega C_ф} = \frac{X_C}{3} = X_{C.об}. \quad (25)$$

Весьма примечательно, что в [7] записанное неравенство (25) рекомендуется для выбора сопротивления $R_Н$ в системе, именуемой как «High-Resistance Grounding» (HRG). В [3] утверждается, что в большинстве случаев сопротивление нейтрали находится в пределах (1–2) $X_{Соб}$, обеспечивающее значительное снижение перенапряжений при дуговых замыканиях по сравнению с изолированной нейтралью. Заметим также, что результат (23) может быть получен из эквивалентной схемы, показанной на рис. 3 [6].

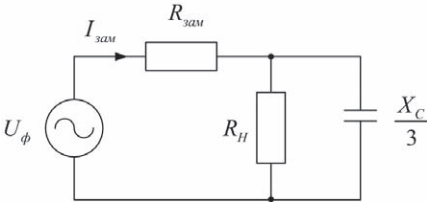


Рис. 3

Для получения численных результатов выражение (23) запишем в виде

$$I_{зам} = \frac{U_ф}{R_Н}\frac{R_Н}{X_{C.об}}\times \times\sqrt{\frac{1+\left(\frac{R_Н}{X_{Соб}}\right)^2}{\left(\frac{R_Н}{X_{Соб}}\right)^2\left(\frac{R_{зам}}{R_Н}\right)^2\left[\left(1+\frac{R_Н}{R_{зам}}\right)^2+\left(\frac{R_Н}{X_{Соб}}\right)^2\right]}}. \quad (26)$$

Из (26) для крайних случаев, когда $R_Н \to 0$ и $R_Н \to \infty$, имеем в пределе соответственно $\frac{U_{ф.A}}{R_{зам}}$ и $\frac{U_ф}{X_{Соб}}\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{R_{зам}}{X_{Соб}}\right)^2}}$ в полном согласии с (22) и (19).

Для важного частного случая, когда $R_{зам} \to 0$, выражение (26) упрощается:

$$I_{зам}\big|_{R_{зам}\to 0} = \frac{U_ф}{X_{Соб}}\sqrt{1+\left(\frac{X_{Соб}}{R_Н}\right)^2} = = \frac{U_ф}{R_Н}\sqrt{1+\left(R_Н 3\omega C_ф\right)^2}, \quad (27)$$

а при $R_{зам} \to \infty$ $I_{зам} \to 0$, что и должно иметь место.

Пусть теперь для высоковольтной судовой ЭЭС напряжением 6,3 кВ безразмерный параметр $R_Н 3\omega C_ф$ взят в первом случае больше единицы, и равным 2, а во втором случае – меньше единицы и равным 0,5, т.е. $R_Н = \frac{2}{3\omega C_ф} = 2X_{C.об}$ и $R_Н = 0{,}5X_{C.об}$ для второго случая. Второй случай характерен для системы, именуемой в [7, 8] как «neutral ground resistor» (NGR). Тогда для металлического замыкания (bolted line-ground fault) находим для двух выбранных случаев, что оценка между ними будет различаться строго в 2 раза. Тогда при значении емкостной проводимости системы ($C_ф = 10^{-6}$Ф) $3\cdot\pi\cdot 100\cdot 10^{-6}(1/\text{Ом}) = 3\cdot\pi\cdot 10^{-4}(1/\text{Ом})$ ток $I_{зам}$ оказывается равным 7,66 А и 3,83 А, а выбранное сопротивление нейтрали в первом случае равно $\frac{2}{3\cdot\pi\cdot 10^{-4}} = 2122$ Ом и во втором случае – 1061 Ом. Пусть теперь для первого примера $R_{зам}/R_Н = 0{,}5$. В этом случае в соответствии с (26) ток замыкания для системы 6,3 кВ

$$I_{зам} = \frac{6{,}3\cdot 10^3\cdot 2}{\sqrt{3}\cdot 2122}\sqrt{\frac{5}{4\cdot 0{,}25\cdot\left(9+4\right)}} = 2{,}13 \text{ А}.$$

Рассмотренные примеры показывают, какое значение имеет определение емкостной проводимости системы при ограничении тока однофазного замыкания для крайнего случая металлического замыкания. В [8] отдано предпочтение верхней границе в 10 А для систем «HRG». Простой способ измерения емкости в высоковольтной судовой ЭЭС описан в [3]. Для этого в общем случае следует изолировать нейтраль и измерить ток замыкания при металлическом замыкании одной из фаз. Тогда в соответствии с (19) $3C_ф = I_{зам}/\omega U_ф$.

В заключение подчеркнем, что хотя рекомендации [3] и [7] не противоречат друг другу относительно порядка величины, но остается все же открытым вопрос о возможном диапазоне изменения емкостной проводимости высоковольтных ЭЭС строящихся и проектируемых судов.

Приложение. Изложим кратко другой путь определения тока замыкания в системе (см. рис. 1), используя выражение для напряжения нейтрали $\dot{U}_{\text{Н}}$:

$$\left.\begin{aligned} -\dot{U}_{\text{ф.}A} &= \dot{I}_A Z_A + \dot{U}_{\text{Н}};\\ -\dot{U}_{\text{ф.}B} &= \dot{I}_B Z_B + \dot{U}_{\text{Н}};\\ -\dot{U}_{\text{ф.}C} &= \dot{I}_C Z_C + \dot{U}_{\text{Н}}, \end{aligned}\right\} \quad \text{(п. 1)}$$

$$\frac{1}{Z_A} = Y_A = Y_{\text{зам}} + Y_{\text{из.}}\ , \quad \text{(п. 2)}$$

где $\frac{1}{Z_B} = Y_B = Y_{\text{из.}B}$, $\frac{1}{Z_C} = Y_C = Y_{\text{из.}C}$.

Из (п. 1) сумму токов $\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C$ можно получить в виде

$$\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = -\left(Y_A \dot{U}_{\text{ф.}A} + Y_B \dot{U}_{\text{ф.}B} + Y_C \dot{U}_{\text{ф.}C}\right) - \left(Y_A + Y_B + Y_C\right)\dot{U}_{\text{Н}}.$$

С другой стороны (см. рис. 1),

$$\dot{U}_{\text{Н}} = \frac{1}{Y_{\text{Н}}}\left(\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C\right),$$

где $Y_{\text{Н}} = 1/Z_{\text{Н}}$, и поэтому

$$\dot{U}_{\text{Н}} = -\frac{Y_A \dot{U}_{\text{ф.}A} + Y_B \dot{U}_{\text{ф.}B} + Y_C \dot{U}_{\text{ф.}C}}{Y_A + Y_B + Y_C + Y_{\text{Н}}}. \quad \text{(п. 3)}$$

Обозначая через

$$Z = \left(Y_A + Y_B + Y_C\right)^{-1}, \quad \text{(п. 4)}$$

выражение напряжения на нейтрали можно записать в виде [4]

$$\dot{U}_{\text{Н}} = \dot{U}_{\text{Н.из}} \frac{Z_{\text{Н}}}{Z + Z_{\text{Н}}}, \quad \text{(п. 5)}$$

где $\dot{U}_{\text{Н.из}} = -\frac{Y_A \dot{U}_{\text{ф.}A} + Y_B \dot{U}_{\text{ф.}B} + Y_C \dot{U}_{\text{ф.}C}}{Y_A + Y_B + Y_C}$, (п. 6)

причем (п. 3) переходит в (п. 6) при $Y_{\text{Н}} = 0$.

Исходим из предпосылки, что Y_B и Y_C практически равны и $Y_B + Y_C = 2Y_{\text{из}}$, и что $\dot{U}_{\text{ф.}B} + \dot{U}_{\text{ф.}C} = -\dot{U}_{\text{ф.}A}$. Тогда получим из (п. 3)

$$\dot{U}_{\text{Н}} = -\dot{U}_{\text{ф.}A} \frac{Y_A - Y_{\text{из}}}{Y_A + 2Y_{\text{из}} + Y_{\text{Н}}}. \quad \text{(п. 7)}$$

Поэтому $-\dot{U}_{\text{ф.}A} = \dot{U}_{\text{Н}} + \dot{I}_{\text{зам}} Z_{\text{зам}}$ и

$$\dot{I}_{\text{зам}} = \left(-\dot{U}_{\text{ф.}A} + \dot{U}_{\text{ф.}A} \frac{Y_A - Y_{\text{из}}}{Y_A + 2Y_{\text{из}} + Y_{\text{Н}}}\right)\frac{1}{Z_{\text{зам}}} = \quad \text{(п. 8)}$$

$$= -\dot{U}_{\text{ф.}A} \frac{1}{Z_{\text{зам}}} \frac{3Y_{\text{из}} + Y_{\text{Н}}}{Y_A + 2Y_{\text{из}} + Y_{\text{Н}}}.$$

Для выражения (п. 8) введем следующие предположения:

$$Y_{\text{из}} = g_{\text{из}} + j\omega C_{\text{ф}},\ Z_{\text{зам}} = R_{\text{зам}}$$

и $Y_{\text{Н}} = \frac{1}{R_{\text{Н}}}$, $Y_A = g_{\text{из.}A} + j\omega C_{\text{ф}} + R_{\text{зам}}^{-1}$, (п. 9)

полагая, что для емкостной проводимости фаз вводить заметные различия вряд ли целесообразно. С учетом сказанного из (п. 8) и (п. 9) имеем

$$\dot{I}_{\text{зам}} = -\dot{U}_{\text{ф.}A} \frac{1}{R_{\text{зам}}} \times \frac{3\left(g_{\text{из}} + j\omega C_{\text{ф}}\right) + \frac{1}{R_{\text{Н}}}}{\left(g_{\text{из.}A} + 2g_{\text{из}} + 3j\omega C_{\text{ф}} + \frac{1}{R_{\text{Н}}} + \frac{1}{R_{\text{зам}}}\right)}. \quad \text{(п. 10)}$$

В частном случае, когда $g_{\text{из}} = g_{\text{из.}A} = 0$ из (п. 10), получаем

$$\dot{I}_{\text{зам}} = -\dot{U}_{\text{ф.}A} \frac{1}{R_{\text{зам}}} \frac{3R_{\text{Н}} j\omega C_{\text{ф}} + 1}{1 + \frac{R_{\text{Н}}}{R_{\text{зам}}} + 3R_{\text{Н}} j\omega C_{\text{ф}}},$$

т. е. результат, не отличающийся от (17), а по модулю – не отличающийся от (23), а следовательно, и от (26). Из (п. 10) получим модуль $I_{\text{зам}}$, когда $R_{\text{Н}} \to \infty$ (случай изолированной нейтрали):

$$\dot{I}_{\text{зам}}\big|_{R_{\text{Н}} \to \infty} = \dot{U}_{\text{ф}} g_{\text{зам}} \times \frac{3\sqrt{\left(g_{\text{из}}\right)^2 + \left(\omega C_{\text{ф}}\right)^2}}{\sqrt{\left(g_{\text{из.}A} + g_{\text{зам}} + 2g_{\text{из}}\right)^2 + \left(3\omega C_{\text{ф}}\right)^2}}. \quad \text{(п. 11)}$$

Тогда для металлического замыкания $g_{\text{зам}} \to \infty$

$$I_{\text{зам}}\big|_{R_{\text{Н}} \to \infty,\, g_{\text{зам}} \to \infty} = 3U_{\text{ф}} \sqrt{\left(g_{\text{из}}\right)^2 + \left(\omega C_{\text{ф}}\right)^2}. \quad \text{(п. 12)}$$

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р54585–2011. Судовое электрооборудование. Требования безопасности. Методы контроля и испытаний.
2. СТО ГАЗПРОМ 2-1.11-070–2006. Методические указания по выбору режима заземления нейтрали в сетях напряжением 6 и 10 кВ дочерних обществ и организаций ОАО «Газпром».
3. *Граве В.И., Романовский В.В., Ушаков В.М.* Электропожаробезопасность высоковольтных судовых электроэнергетических систем: Учеб. пособие. – СПб.: Элмор, 2003.
4. *Цицикян Г.Н.* Изоляция и перенапряжения: Избранные главы письменных лекций. – СПб.: СЗТУ, 2004.– 63 с.
5. *Massimo A. G. Mitolo.* Electrical Safety of low-voltage systems. – McGraw-Hill comp., 2009, p.283.
6. *Иванов Е.А., Галка В.Л., Малаян К.Р.* Безопасность электроустановок и систем автоматики. Учеб. пособие. – СПб.: Элмор, 2003. – 384 с.
7. *Sottile Joseph, Novak Thomas, Kumar Tripathi Anu.* Best Practices for implementing high-resistance grounding in mine power systems. IEEE Trans on Industry Applications. –2015. –Vol. 51. – № 6. –P. 5254–5260.
8. *Dev Paul.* High-resistance grounded power-system equivalent circuit damage at the line-ground Fault location – Part 1 // IEEE Trans on Industry Applications. – 2014. – Vol. 50. – № 6. – P. 4179–4187. ■

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ ПРИ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЕ НА ОБЩУЮ НАГРУЗКУ

А.Г.Сотников, *инженер-электроник,*
В.А. Люцков, *регулировщик РЭА,*
А.В. Соколов, *гл. конструктор,*
В.А. Храпковский, *вед. инженер-программист,*
ОАО «Системы управления и приборы»,
контакт. тел. (812) 320-2393

ВВЕДЕНИЕ

Современная тенденция автоматизации управляющих процессов и увеличения количества потребителей электроэнергии приводит к необходимости создания мощных источников питания (ИП), отвечающих высоким требованиям, предъявляемым к аппаратуре морской техники. Одним из важнейших требований является высокое значение вероятности безотказной работы, которое достигается путем применения надежных и проверенных схемотехнических и конструкторских решений. Для реализации наиболее высоких показателей безотказной работы применяется также принцип горячего резервирования, который заключается в параллельной работе двух и более ИП на одного потребителя. Однако при реализации данного принципа возникает проблема неравномерной загрузки источников питания, что, в свою очередь, приводит к перегреву наиболее загруженного ИП и, как следствие, сокращает его ресурс. В то же время остальные ИП мало загружены, либо находятся в режиме холостого хода. Помимо этого, при отказе наиболее загруженного ИП возникает вероятность критических отклонений качества электроэнергии на входе потребителя из-за инерционности регулятора источника питания, находящегося в режиме холостого хода. Поэтому при построении прибора из параллельно включенных ИП необходимо обращать внимание на распределение мощности между ними. В этом случае «подхват» нагрузки происходит без существенных отклонений выходных параметров прибора.

В данной статье рассмотрим разные варианты распределения мощности между несколькими ИП, параллельно работающих на общую нагрузку.

Наиболее рациональным подходом к проектированию аппаратуры силовой электроники является создание функциональных узлов пригодных для унификации. При использовании однотипных ИП, включенных в параллель, мощность приборов может достигать десятки, сотни киловатт. Такой подход называется модульным, где под модулем подразумевается самостоятельный ИП. Для обеспечения необходимой мощности возможно применение большого количества маломощных модулей, суммарная мощность которых достигнет требуемой. Параллельная работа нескольких модульных ИП на общую нагрузку также применяется для повышения надежности и безотказности работы источников питания. В этом случае количество параллельно подключаемых модулей должно быть, как минимум, на один больше, чем требуется для обеспечения необходимой выходной мощности. Необходимая избыточность определяется из расчета надежности.

При расчете необходимого по требованиям надежности резервирования количество и мощность отдельных модулей выбирают, исходя из заданных массогабаритных размеров прибора, стоимости, наличия готовых решений и т.д. В приборе ПНП использованы четыре параллельно работающих ИП, размещенных в двух стойках. Каждый из четырех ИП может обеспечить полную выходную мощность нагрузки.

Для источников питания, включенных параллельно на общую нагрузку, возникает проблема распределения мощности, так как неравномерная загрузка модулей имеет два негативных момента: повышенный разогрев отдельных наиболее загруженных модулей и ухудшение качества переходного процесса в нагрузке при отключении наиболее загруженного модуля или группы модулей. Повышенный нагрев снижает ресурс прибора, так как действует эмпирическое правило, гласящее, что службы изоляции, в том числе изоляции, являющейся частью ЭРИ, уменьшается вдвое при увеличении рабочей температуры на 8–10 °С.

Другая проблема, в нашем случае даже более существенная, заключается в том, что при возможном отказе модуля, несущего основную нагрузку, оставшиеся в работе неизменно дадут просадку напряжения на выходе, так как не могут мгновенно изменить выходной ток.

Рассмотрим причину возникновения неравномерности распределения мощности и возможные варианты решения проблемы. В источниках питания с точным поддержанием выходного напряжения основную нагрузку на себя берет модуль, напряжения стабилизации которого выше, чем у других модулей. При малом выходном эквивалентном сопротивлении модуля питания достаточно разницы порога стабилизации в доли вольта, чтобы модуль взял на себя всю нагрузку. Если выходная мощность модуля меньше мощности текущей нагрузки, то модуль перейдет в режим стабилизации тока, выходное напряжение модуля просядет и часть нагрузки перейдет к следующему модулю, напряжение стабилизации которого будет больше остальных. Процесс продолжится пока сумма генерируемой и потребляемой мощности не сравняются.

Если для потребителя не критично некоторое уменьшение выходного напряжения при увеличении нагрузки, то частичного распределения нагрузки между всеми модулями, входящими в состав источника питания, можно добиться, применив в петле обратной связи модуля П-регулятор с относительно небольшим коэффициентом усиления. Это снизит жесткость характеристики поддержания выходного напряжения. Соответственно при подключении нагрузки из-за снижения выходного напряжения все модули окажутся нагруженными. Степень распределения нагрузки между модулями в этом случае будет зависеть от установленного порога стабилизации и степени жесткости выходной характеристики. Фактически уменьшение коэффициента обратной связи приводит к увеличению эквивалентного выходного сопротивления модуля. Плюс такого подхода – полная автономность управления каждого модуля, минус – зависимость U выхода от R нагрузки.

Для разрабатываемого преобразователя такое решение оказалось неприменимо из-за требований высокой точности поддержания заданного выходного напряжения. При проектировании преобразователя в качестве ШИМ контроллера, управляющего процессом регулирования выходного напряжения, был использован сигнальный микропроцессор для которого был разработан алгоритм, позволяющий выполнить динамическое распределение нагрузки между двумя тремя или четырьмя каналами (модулями), находящимися в работе. Обмен информацией между каналами осуществляется с помощью CAN шины.

Стойки питаются от двух независимых фидеров постоянного напряжения 175В–320 В. Каждый из фидеров питания резервируется емкостным накопителем, обеспечивающем аварийное питание преобразователя на время не менее 80 мс при кратковременной просадке входного напряжения, вызванного аварийными процессами в питающей сети. Структурная схема прибора представлена на рис. 1.

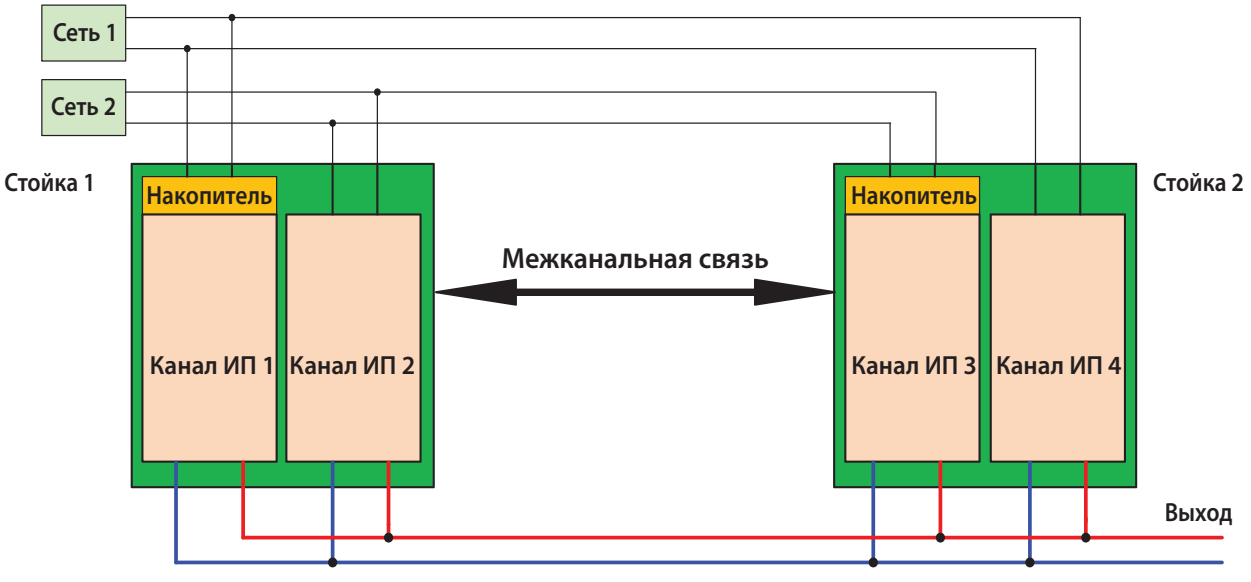


Рис. 1. ***Структурная схема прибора***

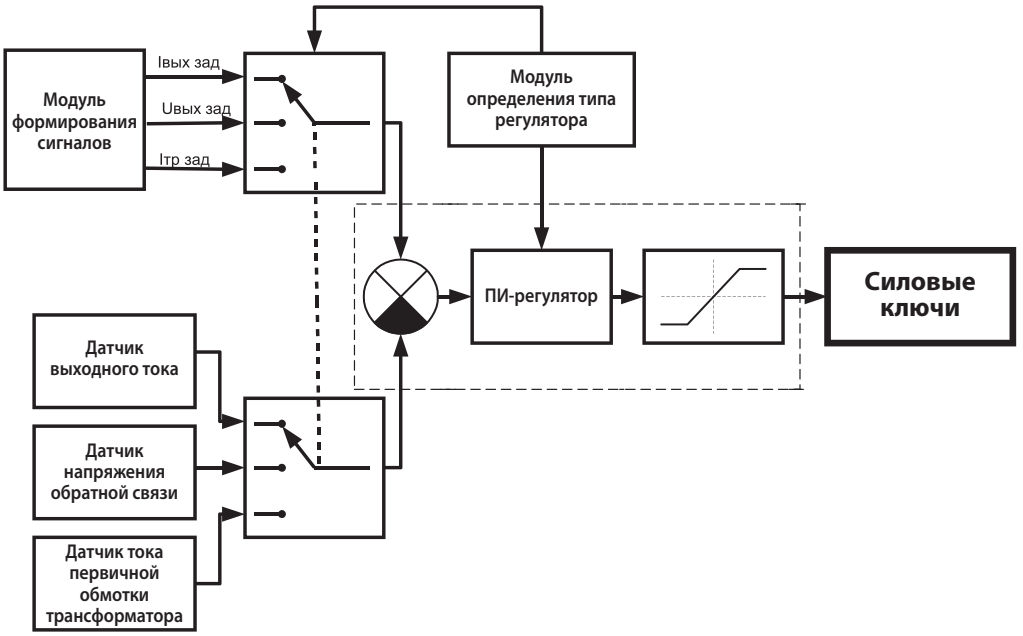


Рис. 2. ***Структурная схема программного модуля управления силовыми ключами***

Преобразование энергии производится на частоте 16 кГц мостовым инвертором напряжения, нагруженным на трансформатор, обеспечивающий гальваническую развязку между входом и выходом преобразователя. К выходу трансформатора подключен диодный мост и LC фильтр, обеспечивающий сглаживание пульсаций тока и напряжения. Номинальное выходное напряжение преобразователя –110 В с возможности коррекции напряжения ±10 В от номинала. Управление преобразователем осуществляется с местного или дистанционного пульта управления.

Каждый канал самостоятельно способен обеспечить требуемую мощность. Все каналы прибора (модули) могут быть как источниками напряжения, так и источниками тока. В режиме источника напряжения канал стремится поддерживать заданное значение напряжения на выходе вне зависимости от подключенной нагрузки. В режиме источника тока канал, наоборот, стремится поддерживать заданный ток в установленном значении вне зависимости от нагрузки и выходного напряжения. Для реализации этих режимов, был разработан программный модуль управления силовыми ключами каждого канала, который может работать в одном из трех заданных режимов: поддержание выходного напряжения, поддержание выходного тока, поддержание входного тока (режим выравнивания нагрузки). Структурная схема программного модуля представлена на рис. 2.

С помощью алгоритма распределения мощности между каналами получилось реализовать трехкратное горячее резервирование с возможностью мгновенного подхвата нагрузки без просадки выходного напряжения. Также обеспечивается равномерный нагрев четырех каналов, что привело к снижению рабочей температуры прибора. Все это позволило добиться значения вероятности безотказной работы, равного 0,9995, при номинальной мощности порядка 15 кВт.

Принцип работы алгоритма основан на разделении всех каналов по степени приоритетности – ведущий (Master) и ведомый (Slave). Ведущий канал работает в режиме стабилизации напряжения, в то время как, остальные каналы являются ведомыми и работают в режиме стабилизации тока. Уставкой тока для ведомых каналов является входной ток ведущего канала. Таким образом происходит выравнивание нагрузки между работающими каналами. Во время переходных процессов, вызванных скачкообразным изменением нагрузки или напряжения питающей сети, выходное напряжение может отклониться за пределы более 3%. В этом случае все работающие каналы переходят в режим стабилизации напряжения. При снижении отклонения выходного напряжения на величину менее 3% от заданного значения происходит возврат преобразователя в режим выравнивания нагрузки. Ведущим назначается канал, зафиксировавший наибольшее входное напряжение при подключении преобразователя к питающей сети, приоритет отдается каналу, содержащему емкостной накопитель. При отключении ведущего канала оставшиеся в работе каналы переходят в режим стабилизации выходного напряжения, после чего назначается новый ведущий, правила выбора ведущего остаются прежними. Канал, потерявший связь с остальными, переходит в режим стабилизации напряжения. В нашем случае на параллельную нагрузку работают четыре канала, но используемый алгоритм не имеет ограничения по числу включаемых каналов. Единственное правило – это наличие индивидуального адреса для каждого абонента на CAN шине. Таким образом, реализованный метод позволяет выравнивать нагрузки у большого числа параллельно работающих преобразователей напряжения. В этом случае в качестве лимитирующего фактора на количество параллельно включенных ИП будет выступать снижение скорости обмена по CAN шине, вызванное ростом числа абонентов и увеличением длинны информационной шины.

К недостатку данного подхода следует отнести относительную сложность реализации, так как для построения каждого отдельного модуля требуется микроконтроллер с CAN шиной, а также наличие внешней информационной шины для связи модулей, при обрыве которой часть каналов, потерявших связь, перестанет выравнивать нагрузку и останется в режиме стабилизации выходного напряжения. ■

ПРОБЛЕМЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ УСТАЛОСТИ И ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ РАЗРУШЕНИЯ ПРИ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЯХ МАТЕРИАЛОВ

Е.А. Тихомирова, *канд. техн. наук, доцент СПбГМТУ,*
контакт. тел. +7 (911) 947 1602

Термическая усталость как прогрессирующее разрушение, возникающее вследствие многократных теплосмен, свойственна изделиям, работающим в условиях экстремальных температур и нагрузок во многих областях современной техники. Несмотря на обстоятельную работу, проделанную в предшествующие годы [1], многие аспекты накопления деформации и разрушения материалов при термической усталости необходимо дополнить новым пониманием. Однако, как показал анализ современных публикаций, проблеме термической усталости сейчас уделяется гораздо меньше внимания, чем в прошлые годы. Причем основной недостаток этих и более ранних исследований состоит в том, что в них рассматриваются главным образом вопросы, связанные с механикой материалов. Хотя признается, что термическая усталость представляет собой разрушение, развивающееся в результате необратимого изменения структуры материала при циклических нагревах структурные изменения почти не изучаются. В итоге природа явления и закономерности, характеризующие поведение материалов в конкретных проявлениях, остаются не выясненными, тогда как знание механизмов развития разрушения в ходе циклических нагревов на основе анализа необратимых структурных изменений могло бы дать инструмент влияния на разрушение.

Состояние вопроса наглядно характеризует положение дел с лопатками турбин газотурбинных двигателей (ГТД), разрушение которых чаще всего диагностируют как термическую усталость. Р. А. Дульневым и П. И. Котовым отмечено [2], что доля этих лопаток из общего числа вышедших из строя весьма значительна – она достигает почти 70%. В настоящий момент вряд ли можно говорить о тенденции ее уменьшения, учитывая все более жесткие условия работы лопаток турбин. На это указывает тот факт, что по данному вопросу публиковались десятки статей в год, а за последние 25 лет всего лишь единицы. К тому же и эти, и более ранние работы в основном посвящены результатам испытаний и не посвящены поиску механизмов развития разрушения в ходе циклических нагревов.

Не менее важна проблема термоциклических испытаний (ТЦ) и того, как в них определяют сопротивление жаропрочных сплавов термической усталости. В обоих ныне применяемых методах ТЦ испытаний [2, 3] основу составляет принцип Коффина [4], по которому долговечность N связана с пластической деформацией в цикле $\varepsilon_{пл}$: $\varepsilon_{пл}N^k = C$. В обоих методах, варьируя $\varepsilon_{пл}$ жесткостью нагружения или температурным интервалом цикла ΔT ($T_{max} \leftrightarrow T_{min}$), из опыта определяют, а затем строят и трактуют зависимость N от $\varepsilon_{пл}$, но чаще от $\Delta\varepsilon$ (упругопластическая деформация) из-за невозможности измерения $\varepsilon_{пл}$. Однако эти построения не учитывают температур начала пластической деформации $T_{н.пл}$ в полуциклах и диапазонов ее протекания $\Delta T_{пл}$, которые различны у разных материалов, тем более у монокристаллов, и, конечно же, сказываются на особенностях необратимых структурных изменений и разрушения. Не учитываются также изменения напряжений σ в полуциклах, которые управляют развитием трещин на завершающем этапе разрушения. Термоциклические испытания в существующем исполнении весьма неоднозначно оценивают поведение конкретного материала при циклических нагревах.

Еще одна проблема – это исследования термической усталости реальных изделий.

Цель термоциклических (ТЦ) испытаний, выполняемых на образцах, – оценка сопротивления материала термической усталости. Достаточной информации для анализа развития разрушения конкретных изделий они дать не могут.

Главной отличительной особенностью процесса развития разрушения в используемых ТЦ испытаниях, где *стеснение создают искусственно, является непрерывный рост пластической деформации сжатия или растяжения от температуры $T_{нпл}$, где она начинается, вплоть до максимальной температуры T_{max} в полуцикле нагрева и минимальной T_{min} в полуцикле охлаждения.*

При циклических нагревах реальных изделий картина иная. В них стеснение может возникать *самопроизвольно* из-за неравномерности температуры по объему тела. В отличие от ТЦ испытаний образцов интервал протекания пластической деформации, $\Delta T_{пл}$ в изделии может располагаться произвольно в диапазоне циклического нагрева $T_{min} \leftrightarrow T_{max}$. В наибольшей степени температура неравномерна на начальном этапе ее изменения, т. е. в начале нагрева и охлаждения. В это время достигается наибольшее стеснение свободной термической деформации ε_0, и именно здесь следует ожидать появления пластической деформации. Затем температура постепенно выравнивается, стеснение уменьшается и для его компенсации может быть вполне достаточно упругой деформации, которая к тому же должна снижаться по мере дальнейшего изменения T. Особенности процесса зависят от строения изделия, свойств его материала и особенностей изменения температуры в цикле.

Весьма показательны результаты исследования термической усталости имитаторов сопловых лопаток. Установлено, что различие T входной и более тонкостенной выходной кромок лопатки максимально на первых секундах нагрева и охлаждения, когда и происходят в выходной кромке все виды деформации, обеспечивающие компенсацию ε_0. По мере дальнейшего нагрева растет T входной кромки, температура обеих кромок выравнивается и $\varepsilon_{упр}$ выходной кромки уменьшается. Поэтому в следующем полуцикле, например, охлаждения от $T = T_{max}$, деформация начинается сразу же с роста $\varepsilon_{упр}$ растяжения, а не со снятия $\varepsilon_{упр}$ сжатия от предшествующего нагрева, как в ТЦ испытаниях на образцах, что существенно отличает развитие термической усталости в изделиях. Из-за этого в каждом полуцикле нагрева или охлаждения лопатки деформация ее выходной кромки начинается сразу с роста $\varepsilon_{упр}$, т. е. как в нулевом полуцикле ТЦ испытаний образцов, и вследствие этого достигаемая величина $\varepsilon_{пл}$ в каждом полуцикле много больше, чем в ТЦ испытаниях образцов.

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ РАЗРУШЕНИЯ ПРИ ТЦ ИСПЫТАНИЯХ МАТЕРИАЛОВ

Термическая усталость, или разрушение при циклических нагревах, развивается во времени в результате необратимых изменений структуры материала изделия вследствие его пластической деформации. Причина всему – стеснение свободной термической деформации изделия ε_0 (например, образцов в ТЦ испытаниях) либо локальной области в нем (из-за неоднородности температуры или коэффициента тер-

мического расширения [4]). Для получения информации о динамике пластической деформации в термическом цикле предложено использовать ТЦ карты [5], которые позволяют выявить параметры, с которыми связано наблюдаемое разнообразие процессов, такие как величины деформации $\varepsilon_{пл}$ и $\varepsilon_{упр}$ в полуциклах, температуры начала пластической деформации $T_{н.пл}$, диапазоны ее протекания $\Delta T_{пл}$, динамика изменения напряжений σ и др. ТЦ карты позволяют ориентироваться при разработке программы испытания так, чтобы получаемые результаты проясняли изучаемые закономерности.

ТЦ карта – это диаграмма, на которой совмещены графики зависимости Δε (где $\Delta\varepsilon \le \varepsilon_0$) от T ($\Delta\varepsilon \sim \varphi(T)$) и графики зависимости $\varepsilon_{упр}(\sigma_{02})$ либо $\varepsilon_{упр}(\sigma_{005})$ от T ($\varepsilon_{упр}(\sigma_{02}) \sim f(T)$), где $\varepsilon_{упр}(\sigma_{02}) = \sigma_{02}(T)/E(T)$ – упругая деформация, соответствующая пределу текучести материала $\sigma_{02}(T)$ при данной T (либо пределу упругости), а $E(T)$ – его модуль упругости. Примеры ТЦ карт, построенных для монокристаллов сплавов ВКНА-1В и ВКНА-25, приведены на рис. 1. Линии *a* и *b* представляют зависимость $\varepsilon_{упр}(\sigma_{02}) \sim f(T)$ в областях нагрева–сжатия (*a*) и охлаждения–растяжения (*b*). Их вид определяется свойствами материала, т. е. $\sigma_{02} \sim f(T)$ и $E \sim f(T)$. Линия с показывает, как изменяется Δε в ходе нагрева, следующего после полуцикла охлаждения, который представлен линиями *d* (для T_{max} = 850, 1050 и 1100 °С). Поля диаграммы между осью *T* и линиями *a* и *b* – области упругой деформации сжатия (ниже оси *T*) и области растяжения (выше нее). Поля выше и ниже кривых *a* и *b* – это области пластической деформации. В случае испытаний с не полным стеснением ($\Delta\varepsilon < \varepsilon_0$) кривые $\Delta\varepsilon = f(T)$ на ТЦ картах идут под меньшим углом к оси *T* на участке упругой деформации (т. е. между осью *T* и линиями *a* и *b*).

Показательным примером полезности ТЦ карт является сравнение развития деформации монокристаллов сплава ВКНА-1В ориентировки [001] и [111] [5], где у образцов ориентировки [111] пластическая деформация при нагреве начинается от ~350° С, а у [001] от ~970° С. Не принимать это во внимание при обсуждении термической усталости ошибочно. Больше того, из ТЦ карт (рис. 1, *а* и *б*) хорошо видно, что у образцов ориентировки [001] достигаемая в полуциклах величина пластической деформации $\varepsilon_{пл}$ заметно меньше, чем у образцов ориентировки [111] при одинаковых режимах.

Однако долговечность *N* первых, т. е. [001], показанная в испытаниях, при двух режимах (100↔850 и 1050 °С) оказалась ниже (табл. 1), что противоречит принципу Коффина, а при режиме 100↔1100° С значения *N* получились близкими, что тоже требует объяснений. Особо следует обратить внимание на то, что в этом случае зависимость *N* от $\varepsilon_{пл}$ имеет не монотонный характер, что совсем не соответствует закономерности, установленной Коффиным. В то же время в испытаниях монокристаллов сплава ЖС6Ф по режиму 100↔950 °С и Δε = 1,3% указанного нарушения закона Коффина не наблюдалось. У монокристаллов ориентировки [001], где $\varepsilon_{пл}$=0,3%, *N* = 1920 циклов, а у монокристаллов [111], [011] и [112] $\varepsilon_{пл}$=0,7 ÷ 0,8% и $N \approx 1100$ циклов.

В инженерном аспекте, как замечает Ю. Ф. Баландин [1], под термической усталостью обычно понимают появление трещин в деталях (образцах) при действии циклических термических напряжений. Такой взгляд на роль термических напряжений σ бытует и сегодня. В работе [6], например, опубликованной в 2011 г., была поставлена задача найти зависимость долговечности *N* от σ у монокристаллов сплава ВКНА-1В.

В ТЦ испытаниях измеряют σ и строят гистерезисные кривые в координатах σ–ε [2, 6] либо σ–*T* [7]. Обычно при этом используют максимальные значения σ в полуциклах без каких-либо обоснований. Изменение температуры в полуцикле испытаний (после снятия напряжений пред-

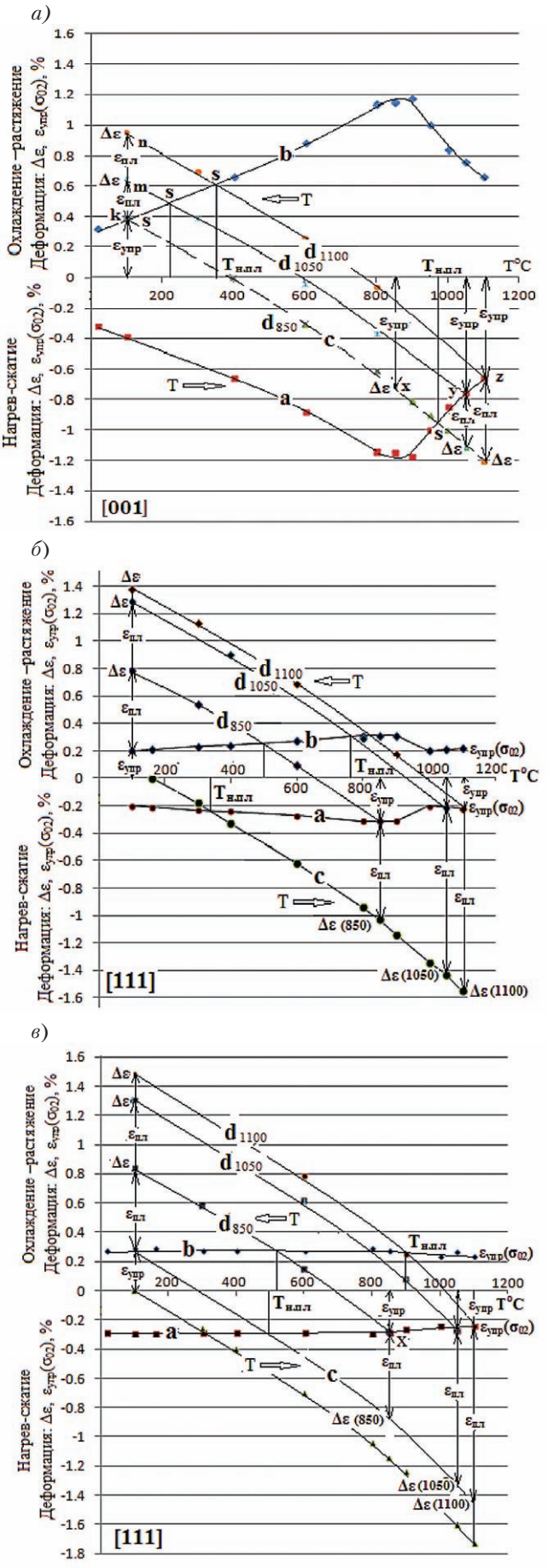


Рис. 1. ***Карты термоциклических испытаний монокристаллов с кристаллографической ориентировкой оси [001], [111] из сплавов ВКНА-1В (а, б) и [111] из ВКНА-25 (в)***

шествующего полуцикла) сопровождается ростом упругой деформации, которой пока вполне достаточно для компенсации свободной термической деформации ε_0 стесненного образца. На этом этапе напряжения σ при каждом значении T сообразны упругой деформации $\varepsilon_{упр}$ и модулю упругости $E(T)$, а пластическая деформация $\varepsilon_{пл}$ проявляется в виде микропластичности [8]. Когда же σ по мере изменения T и $\varepsilon_{упр}$ достигают предела упругости (σ_{005}), включается пластическая деформация $\varepsilon_{пл}$, и с этого момента значения σ остаются постоянными либо изменяются вслед за температурной в соответствии с зависимостью $\sigma_{005}(T)$ и $E(T)$ либо вследствие деформационного упрочнения материала. Все опубликованные результаты измерения максимальных σ ($\sigma_{сж}$ и $\sigma_{раст}$) в испытаниях жаропрочных сплавов не соответствуют значениям σ_{005} или σ_{02} испытывавшихся материалов. Однако внимание на это не было обращено, и никаких объяснений этому не последовало. Причиной несоответствия могут быть как ошибки, допускаемые в измерениях, так и какие-то особенности, не учитываемые в рассуждениях, и требующие выяснения. Во всяком случае в ТЦ испытаниях на жаропрочном никелевом сплаве (ЖНС) скорости нагрева и, соответственно, скорости деформации в полуциклах были достаточно большими, чтобы имело смысл говорить об участии ползучести, особенно при охлаждении.

Влияние σ на долговечность N проявляется, вероятно, через продолжительность стадии зарождения и распространения трещин, скорость которых зависит от σ. Тем не менее нельзя не согласиться с Ю. Ф. Баландиным [1], что «определенная величина напряжений, которой можно характеризовать процесс термической усталости, отсутствует и величину термических напряжений нельзя выбрать в качестве характеристики цикла. Более стабильной характеристикой цикла является деформация. Пластическая составляющая стесненной деформации имеет особое значение для термической усталости».

Для описания условий возникновения «предельного состояния» материала, благоприятного для зарождения и роста трещин, при воздействии циклических нагревов введено представление о повреждаемости материала [2, 4]. Понятие «повреждение» применительно к процессу термической усталости встречается еще у Л. Ф. Коффина [4] и используется по сию пору. Хотя точного определения ему не дано, в печати встречаются публикации типа: «Структурные признаки термоусталостного повреждения» [9] или «Метод микроструктурного исследования повреждений в металлах при термической усталости» [10]. Термин «повреждения» не хорош тем, что в буквальном смысле, как им часто пользуются, не соответствует действительности. Термическая усталость, и в упомянутых работах, например [1, 2, 4], рассматривается как процесс необратимых структурных изменений в материале в результате пластической деформации при циклических нагревах, сопровождающийся изменением свойств испытываемого материала [2, 10]. Специфика этих структурных изменений обусловлена особенностями протекания пластической деформации в термическом цикле, где развиваются два конкурирующих процесса. Один из них – высокотемпературное сжатие в материале, подвергнутом низкотемпературной пластической деформации достаточно большой величины ($\varepsilon_{пл}$~1%) в полуцикле охлаждения. На этапе сжатия, по крайней мере, для ЖНС характерно отсутствие или небольшое деформационное упрочнение, и процесс можно рассматривать как «отжиг под напряжением». Второй этап – низкотемпературная пластическая деформация материала в полуцикле охлаждения совершается над материалом, подвергнутым специфической высокотемпературной термической обработке. Для понимания последствий развития деформации в цикле недостаточно той информации, которую дает регистрируемая гистерезисная петля и величина задаваемой в испытаниях упругопластической деформации $\Delta\varepsilon$. Для понимания происходящего необходимы сведения о величинах $\varepsilon_{пл}$: сжатия в полуцикле нагрева $\varepsilon_{пл}$ (сж), растяжения в полуцикле охлаждения $\varepsilon_{пл}$ (охл), о температурах начала пластической деформации $T_{н.пл}$ в каждом из полуциклов и ее продолжительности $\Delta T_{пл}$, а также о динамике сопутствующего им изменения напряжений σ. Эту информацию позволяют получить карты термоциклических испытаний (ТЦ карты) [5].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Сложилось неадекватное отношение к проблеме термической усталости: условия эксплуатации изделий становятся все более экстремальными, появляются новые материалы и технологии, а исследования разрушения вследствие циклических нагревов прекратились.

2. Исследование термической усталости материалов и изделий посредством метода термоциклических испытаний требует иного, нежели сложившийся, подхода и прежде всего выяснения истинной природы разрушения при циклических нагревах, его связи с физико-механическими свойствами материала и условиями развития деформации.

3. Динамика развития разрушения реальных изделий существенно отличается от происходящего в стесненном образце при термоциклических испытаниях, поэтому необходима разработка методов моделирования процессов, происходящих в изделиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Баландин Ю. Ф.* Термическая усталость металлов в судовом энергомашиностроении.– СПб.: Судостроение. 1967. 272 с.
2. *Дульнев Р. А., Котов П. И.* Термическая усталость металлов.– М.: Машиностроение. 1980.– 200 с.
3. *Гугелев Б. М., Гецов Л. Б., Журавлев Ю. А., Новикова Е. Г.* Метод микроструктурного исследования повреждений в металлах при термической усталости // Заводская лаборатория.– 1976.– № 1.– С. 94–97.
4. *Коффин Л. Ф.* О термической усталости сталей /В сб.: Жаропрочные сплавы при изменяющихся температурах и напряжениях.– М. – Л.: Госэнергоиздат. 1960. – С. 188–258.
5. *Тихомирова Е. А., Сидохин Е. Ф.* ТЦ карты – инструмент исследования термической усталости материалов в термоциклических испытаниях // Материаловедение. – 2015. – № 8.– С. 3–7.
6. *Голубовский Е. Р., Бычков Н. Г., Хамидуллин А. Ш., Базылева О. А.* Экспериментальная оценка кристаллографической анизотропии термической усталости монокристаллов сплава на основе Ni_3Al для высокотемпературных деталей АГТД // Вестник двигателестроения. – 2011. – № 2.– С. 244–248.
7. *Синявский Д. П.* Методика исследования термической усталости по параметрам петли гистерезиса в координатах температура-усилие // Проблемы прочности. – 1973. – № 6. – С. 60–63.
8. *Стейн Д.* Микродеформации с точки зрения динамики дислокаций. – Сб. Микропластичность / Под ред. В. Н. Геминова и А. Г. Рахштадта. – М.: Металлургия, 1972. – С. 117–129.
9. *Дульнев Р. А., Рыбина Т. В., Пименова Г. П.* Структурные признаки термоусталостного повреждения // Проблемы прочности. – 1975. – № 7. – С. 45–52.
10. *Дульнев Р. А., Бычков Н. Г., Джамай В. В.* Накопление повреждений и критерии термической прочности материалов и лопаток авиационных ГТД // Мат-лы Всесоюз. симпозиума по малоцикловой усталости при повышенных температурах. – Челябинск: Изд. ЧПИЮ. – 1974. – Вып. 2. – С. 17–38. ■

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ РАБОТ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТЫ МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ ОТ МОЩНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

А.М. Вишневский, *д-р техн. наук, проф., начальник отделения,*
Б.Н. Городецкий, *д-р техн. наук, ст. науч. сотрудник, начальник сектора,*
А.И. Горшков, *канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, вед. науч. сотрудник,*
Е.А. Свядощ, *д-р техн. наук, ст. науч. сотрудник, гл. науч. сотрудник,*
ФГУП «Крыловский государственный научный центр»
контакт. тел. (812) 415 4590, 415 4580, 415 4963, amvspb@yandex.ru

1. Особенности обеспечения электромагнитной стойкости технических средств морских объектов

Появление в последние годы источников мощного электромагнитного излучения позволило использовать их для целенаправленного поражения технических средств (ТС) промышленных объектов [1]. Современные морские объекты, к которым относятся корабли, суда, морские платформы и пр., имеют большое количество взаимосвязанных аппаратурных комплексов различного назначения в условиях ограниченного пространства. Это обстоятельство обусловило их чрезвычайную уязвимость при преднамеренных внешних электромагнитных воздействиях, что потребовало разработки специальных эффективных технологий и средств защиты, обеспечивающих необходимую стойкость ТС.

Следует отметить, что при рассмотрении морского объекта и поставляемых на него ТС как единой интегрированной комплексной системы задача обеспечения стойкости ТС в условиях внешних воздействий методически аналогична задаче обеспечения помехоустойчивости ТС в рамках традиционных задач обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) ТС. Это позволяет использовать разработанные современные технологии обеспечения ЭМС [2] и для решения задач обеспечения стойкости ТС при внешних воздействиях. Основное различие этих групп задач заключается в том, что при внешних преднамеренных электромагнитных воздействиях их параметры априори неизвестны и определяются характером решаемой задачи поражения объекта. В то же время помехоустойчивость ТС в традиционных задачах обеспечения ЭМС определяют, исходя из заданных нормативными документами уровней их помехоэмиссии.

То обстоятельство, что ТС, разрабатываемые для конкретных проектов, в большинстве случаев являются предметом единичной или мелкосерийной разработки и предназначены для применения в условиях электромагнитной обстановки конкретного проекта морского объекта, позволяет оптимизировать предъявляемые требования по стойкости ТС к внешним воздействиям и адаптировать эти требования к условиям конкретного морского объекта. Аналогичный подход предусмотрен, в частности, стандартом США MIL-STD-461F [3] при обеспечении ЭМС ТС. Конечным результатом практической реализации указанного подхода для обеспечения стойкости ТС морского объекта является снижение суммарных затрат на его создание при гарантированном отсутствии нарушения функционирования ТС вследствие внешних воздействий. При этом определение параметров электромагнитной обстановки при внешних воздействиях в местах установки ТС должно выполняться с учетом реальных уровней помехоэмиссии ТС, имеющихся на объекте.

Для решения этой задачи ФГУП «Крыловский государственный научный центр» разработана специальная технология обеспечения стойкости ТС морских объектов, основанная на отказе от экстремальных требований к ТС как изолированному объекту и реализуемая проектантом морского объекта и разработчиками его ТС с учетом конструктивных особенностей конкретного проекта, схемы размещения ТС и кабельной сети.

Технология включает прогнозную оценку параметров электромагнитной обстановки в помещениях объекта с учетом помехоактивности ТС, на основе которой проводится зонирование помещений по уровню электромагнитных полей и оценка стойкости ТС.

Полученные результаты оценки стойкости ТС служат исходными данными для оперативной разработки необходимых организационно-технических мероприятий по обеспечению имеющихся требований. В период эксплуатации головного морского объекта осуществляются сбор, анализ и обобщение информации о параметрах помеховой обстановки в реальных условиях штатного функционирования ТС, которые в дальнейшем используются (с учетом возможных внешних воздействий) для уточнения комплекса мероприятий по обеспечению стойкости ТС на последующих серийных морских объектах данного проекта.

Технология предусматривает сокращение затрат на обеспечение стойкости ТС, которое достигается за счет:

– жесткой координации работ, выполняемых проектантами и строителями морских объектов, а также разработчиками и поставщиками ТС в течение всего цикла создания морского объекта [4];
– корректировки требования по стойкости ТС в процессе их разработки на основе компромиссных решений;
– корректировки в сторону уменьшения методов и объемов испытаний ТС за счет учета особенностей их функционирования и размещения.

2. Научно-техническое сопровождение работ при реализации разработанной технологии

Учитывая высокую наукоемкость современных морских объектов, связанную с использованием сложных цифровых аппаратурных комплексов, систем управления и других ТС, практическая реализация технологии обеспечения их стойкости затруднительна без квалифицированного научно-технического сопровождения проектирования, строительства объектов и разработки поставляемых ТС. При этом в силу методического единообразия эти работы должны проводиться вместе с работами по обеспечению ЭМС ТС.

В отечественном судостроении научно-техническое сопровождение работ по обеспечению стойкости и ЭМС ТС морских объектов в качестве отраслевого профильного предприятия (далее – профильное предприятие) осуществляет ФГУП «Крыловский государственный научный центр».

Научно-техническое сопровождение работ, которое осуществляется профильным предприятием, включает в себя:

– текущий оперативный контроль хода выполнения работ;
– участие в проведении технических совещаний для решения возникающих в ходе проектирования и строительства морского объекта организационно-практических вопросов;
– участие в швартовных и ходовых испытаниях с использованием специализированного мобильного испыта-

тельного оборудования, включающего имитаторы внешних воздействий;
– разработку рекомендаций по анализу результатов сдаточных испытаний ТС для последующей реализации на серийных морских объектах или серийных образцах, поставляемых ТС.

В рамках научно-технического сопровождения профильное предприятие принимает участие в разработке проектантом методов проведения проверок стойкости ТС на морском объекте, а также в согласовании их с заказчиком и разработчиком ТС морского объекта. В частности, в этих проверках могут быть предусмотрены работы, направленные на выявление и предупреждение дефектов, которые могут потенциально сказаться на стойкости ТС. Эти работы включают проверки качества монтажа ТС и их кабельных трасс, а также параметров экранирующих конструкций на морском объекте.

Как правило, основные трудности в обеспечении стойкости ТС возникают при разработке головных проектов с разрабатываемыми специально для них комплексами ТС. Поэтому для вновь разрабатываемых сложных комплексов ТС предусматривается также научно-техническое сопровождение работ в течение их создания, монтажа на морском объекте и сдачи заказчику. Взаимосвязь научно-технического сопровождения проектирования и строительства морского объекта, а также создания поставляемых ТС позволяет разработать необходимые обоснования для корректировки технических решений, принимаемых в период проектирования и строительства морского объекта. Это обусловлено принципиальной ограниченностью данных предварительных прогнозных расчетных оценок и результатов измерений параметров ТС в стендовых условиях, которые не могут учесть все особенности реальной электромагнитной обстановки на морском объекте.

3. Порядок осуществления научно-технического сопровождения в процессе проектирования и строительства морского объекта

В период выдачи и согласования технического задания на морской объект в рамках научно-технического сопровождения оценивается техническая достижимость требований к стойкости ТС и в обоснованных случаях разрабатываются рекомендации по заданию технических требований по стойкости разрабатываемых ТС, а также по условиям их размещения на морском объекте.

На этапе эскизного проектирования проводится анализ предварительного состава, основных технических характеристик ТС и схем их размещения на морском объекте, а также ожидаемой электромагнитной помеховой обстановки в местах размещения ТС. На основании полученных результатов разрабатываются рекомендации по зонированию помещений морского объекта, исходя из параметров стойкости ТС и их ЭМС, а также по обоснованию требований к параметрам вновь разрабатываемых ТС. Эти требования могут уточняться в процессе разработки ТС, испытаний и сдачи морского объекта.

В случае применения принципиально новых проектных решений на морском объекте или по номенклатуре ТС и их элементной базы научно-техническое сопровождение заключается в обосновании и подготовке совместного решения по разработке дополнительных мер, реализуемых проектантом морского объекта и разработчиками ТС. При необходимости предусматривается выполнение НИОКР для разработки мероприятий по обеспечению стойкости ТС.

На этапе технического проектирования морского объекта научно-техническое сопровождение включает участие профильного предприятия по ЭМС в разработке комплекса рекомендаций и мероприятий по обеспечению стойкости ТС, детализированных по помещениям морского объекта и по установленным в них ТС. Эта разработка базируется на результатах расчетных прогнозных оценок параметров электромагнитной обстановки в помещениях морского объекта и на его верхней палубе. В расчетах прогнозируются уровни электромагнитных полей в выделенных зонах морского объекта на верхней палубе и внутренних помещениях, а также уровни кондуктивных помех в сигнальных цепях и цепях заземления. Результаты оценок используются для разработки мероприятий по обеспечению стойкости ТС, учитывающих технические требования к морскому объекту, которые разработчики ТС предъявляют его проектанту.

По окончании технического проектирования морского объекта проводится экспертиза его конструкторской документации в части обеспечения стойкости ТС. По результатам этой экспертизы в случае необходимости разрабатываются дополнительные защитные мероприятия, конкретизированные по кабельным трассам, блокам и элементам ТС. Кроме того, по результатам экспертизы определяются необходимость корректировки имеющихся требований, а также рациональный объем испытаний.

На этапе рабочего проектирования морского объекта научно-техническое сопровождение предусматривает следующие функции профильного предприятия:
– согласование рабочих чертежей в части реализации в них мероприятий по обеспечению стойкости ТС;
– участие в разработке дополнительных мероприятий, необходимость которых определена в процессе проведения экспертизы;
– участие в разработке программ и методик швартовных и ходовых испытаний, совмещенных с испытаниями по параметрам ЭМС.

В период строительства морского объекта осуществляется внедрение разработанных мероприятий по обеспечению ЭМС.

Во время монтажно-наладочных работ проводятся с использованием мобильного испытательного оборудования при участии специалистов профильного предприятия контрольные проверки качества монтажа, испытания помехочувствительности и помехоактивности блоков, узлов и кабельных трасс, а также стойкости ТС к внешним воздействиям.

4. Порядок осуществления научно-технического сопровождения при разработке и изготовлении ТС

На этапе эскизного проектирования ТС в его функциональной части выделяются элементы, устройства и функциональные блоки, в наибольшей степени влияющие на стойкость ТС и, в порядке научно-технического сопровождения, рассматриваются варианты их разработки. При этом анализируются данные, материалы и результаты ранее проведенных исследований, а также имеющиеся научные и технические решения, в том числе по зарубежным аналогам. На основании этого анализа определяются принципиальные пути обеспечения требований к разрабатываемым ТС по стойкости при внешних воздействиях.

Профильное предприятие представляет в комиссию по приёмке эскизного проекта заключение по обеспечению стойкости ТС, включаемое в заключение по обеспечению ЭМС.

На этапе технического проектирования ТС разработчиком определяются окончательные технические решения по разрабатываемому ТС, дающие полное представление о его конструкции и принципиальных технологических решениях при его изготовлению в промышленных условиях. В рамках научно-технического сопровождения разрабатываются предложения по обеспечению стойкости ТС, а также, в случае необходимости, предложения по перспективным направлениям дальнейшего совершенствования ТС в части обеспечения их стойкости применительно к перспективным видам источников внешнего преднамеренного излучения. При этом учитывается адап-

тивность ТС к проведению их последующей модернизации.

При макетировании ТС представители профильного предприятия с использованием мобильного испытательного оборудования участвуют в оценке стойкости ТС и рассматривают вопрос его соответствия условиям монтажа с учетом проведенного зонирования морского объекта. В случае необходимости проектанту морского объекта представляются предложения по этому зонированию.

В конце этапа технического проектирования ТС заказчиком с участием проектантов морского объекта и специалистов профильного предприятия проводится экспертиза конструкторской документации, технические материалы для которой представляет разработчик ТС. Профильное предприятие представляет в комиссию по приемке эскизного проекта экспертное заключение о стойкости ТС, включаемое в заключение по ЭМС ТС.

Представители профильного предприятия привлекаются к обязательному участию в рассмотрении технического проекта на научно-техническом совете, организуемом представителями разработчиков и потенциальных изготовителей опытного образца ТС и его составных частей.

На этапе изготовления опытного образца ТС и проведения предварительных испытаний в рамках научно-технического сопровождения формируются предложения по программе и методике испытаний ТС. В случае необходимости представители профильного предприятия привлекаются для решения вопросов обеспечения электромагнитной защиты ТС.

Предварительные испытания ТС по прямому назначению с использованием мобильного испытательного оборудования профильного предприятия совмещаются с испытаниями стойкости ТС и их ЭМС. На основании результатов этих испытаний представителями профильного предприятия составляется заключение о соответствии опытного образца ТС предъявляемым требованиям по электромагнитной защите.

4. Научно-техническое сопровождение технологии обеспечения стойкости ТС при сдаточных испытаниях ТС и морского объекта

Сдаточные испытания поставляемых ТС по параметрам их стойкости проводятся в период стендовых испытаний и совмещаются с испытаниями по параметрам ЭМС и с испытаниями ТС по прямому назначению. Эти испытания должны включать измерения достигнутых уровней стойкости ТС, а также оценку запаса их стойкости. Полученные результаты позволяют обосновать необходимый объем проверок и испытаний, проводимых в период монтажно-наладочных работ и сдаточных испытаний ТС непосредственно на морском объекте.

По результатам сдаточных испытаний составляется экспертное заключение, в которое включаются рекомендации по обеспечению стойкости ТС в для реализации при изготовлении серийных ТС.

На этапе государственных испытаний опытного образца ТС в рамках научно-технического сопровождения предусмотрено участие профильного предприятия в проведении испытаний в части оценки стойкости ТС.

Программа испытаний непосредственно на морском объекте является единой для его швартовных и ходовых испытаний и содержит два основных раздела: измерение параметров внутрисистемной электромагнитной помеховой обстановки и сдаточные испытания по стойкости ТС в условиях внешних воздействий.

Определение параметров электромагнитной обстановки производится путем измерения интегрального уровня и спектральных характеристик электромагнитных полей при включении ТС в соответствии с имеющимся перечнем, при этом необходима замена на период швартовных испытаний антенн радиоэлектронных средств и средств гидроакустики электрическими эквивалентами. Внешние воздействия задаются с помощью специальных имитаторов. По результатам измерений составляется заключение.

Программа сдаточных испытаний для оценки стойкости ТС разрабатывается с учетом того, что основным критерием выполнения предъявляемых требований является штатное функционирование ТС по прямому назначению. Требования к стойкости ТС считаются выполненными, если при имитации внешних электромагнитных воздействий параметры ТС не выходят за допустимые пределы на всех режимах работы электрооборудования.

На основании анализа результатов этих испытаний подготавливается заключение по стойкости ТС. В случае невыполнения предъявляемых требований разрабатываются дополнительные защитные мероприятия.

Во время ходовых испытаний морского объекта в условиях имитации внешних воздействий определяются возможности и условия совместной работы ТС. При этом радиопередатчики и приемники коммутируются на свои штатные антенны.

На основании анализа результатов ходовых испытаний подготавливается заключение об обеспечении стойкости ТС для Совместного решения заказчика, головного разработчика и изготовителя опытного образца ТС по акту государственных испытаний. Это заключение содержит рекомендации по объёму испытаний на серийных морских объектах данного проекта и предложения в общий с ЭМС раздел итогового научно-технического отчёта по ОКР на разработку ТС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемая технология обеспечения стойкости ТС современных морских объектов должна совмещаться с технологией обеспечения ЭМС их ТС, которая основана на рациональном сочетании мероприятий, реализуемых проектантами морских объектов и разработчиками ТС. Это позволяет сократить суммарные затраты на обеспечение ЭМС и стойкости ТС.

Наиболее эффективным средством, способствующим реализации предлагаемой технологии на современных морских объектах, является научно-техническое сопровождение проводимых работ на всех этапах создания морского объекта и ТС с использованием специализированного мобильного испытательного оборудования, включающего имитаторы мощных внешних электромагнитных воздействий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электромагнитный терроризм на рубеже тысячелетий / Под ред. Т. Р. Газизова. – Томск: Томский гос. ун-т, 2002.
2. *Вишневский А. М., Городецкий Б. Н., Горшков А. И., Свядощ Е. А.* Обеспечение электромагнитной совместимости судов в процессе их проектирования и поставки оборудования. – Тр. XIX Международ. науч.-техн. конфер. «Радиолокация, Навигация, Связь» RLNC 2013, Воронеж, 2013.
3. MIL-STD-461F. Requirements for the control of electromagnetic interference characteristics of subsystems and equipment.
4. ОСТ 5 Р 0754–2012. Суда и объекты морской техники. Правила организации работ по обеспечению электромагнитной совместимости при проектировании, строительстве, эксплуатации судов и объектов морской техники, разработке и поставке на них технических средств. ■

ЭЛЕКТРОННЫЙ ПОЛИГОН И ЕГО РОЛЬ В ИССЛЕДОВАНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦЕЛЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАЛПА ПРОТИВОКОРАБЕЛЬНЫХ РАКЕТ

Г.А. Коржавин, *д-р техн. наук, проф., ген. директор,*
Ю.Ф. Подоплёкин, *д-р техн. наук, проф., зам. ген. директора по науке,*
АО «Концерн «Гранит-Электрон»,
контакт. тел. (812) 271 6774

Для решения задач исследования, проектирования, испытаний и поддержки современных морских систем ракетных вооружений требуется совершенная универсальная технологическая концепция, ориентированная на значительное сокращение, а в идеале на полную замену трудоемких, ресурсоемких и дорогостоящих натурных испытаний.

Эта концепция может иметь вид электронного полигона, в котором реализуется имитационное моделирование с включением следующих классов систем и процессов:

- корабельные системы управления;
- бортовые системы управления;
- формирование исходной тактической обстановки;
- оценки параметров функционирования приборов корабельных и бортовых систем на соответствие техническим требованиям;
- процессы взаимодействия корабельной и бортовой систем управления;
- совместное функционирование систем в распределенной среде моделирования;
- оценки эффективности совместного функционирования корабельной и бортовой систем управления с учетом противодействия обороняющейся стороны;
- процесс управления боевыми соединениями кораблей в разнородном ситуационном пространстве;
- комплексная оценка эффективности группового использования ракетного оружия в различных условиях применения с учетом всех видов противодействия;
- обучение и тренинг широкого класса специалистов и операторов.

При этом в имитационной среде создаются следующие имитируемые подпространства электронного полигона (рис. 1):

1. Театр военных действий (ТВД), включающий:

– картографическое обеспечение (цифровые штурманские, географические, топографические карты, проблемно ориентированные модели местности);

– гидрометеобаллистическое обеспечение (статистика в виде гистограмм);

2. Модель противника, представленная в виде модели ордера или другой группы целей со всеми характеристиками вооружения и радиолокационного наблюдения.

3. Модели противоракетной обороны и радиолокационного противодействия с использованием активных, пассивных и имитирующих помех.

4. Модели средств освещения надводной обстановки и целеуказания.

5. Модели противолодочной обороны и противокорабельных ракет (ПКР), включающие модели корабельной (носителя) и бортовой аппаратуры (навигации и управления движением, самонаведения) системы управления.

Приведем пример проведенного моделирования в условиях электронного полигона одной из важнейших задач ПКР – задачи целераспределения ракет (ЦР) в залпе в условиях огневого и радиоэлектронного противодействия.

На ТВД с нападающей стороны организуется огневое противодействие средствами зенитных управляемых ракет (ЗУР), базирующихся как на само-

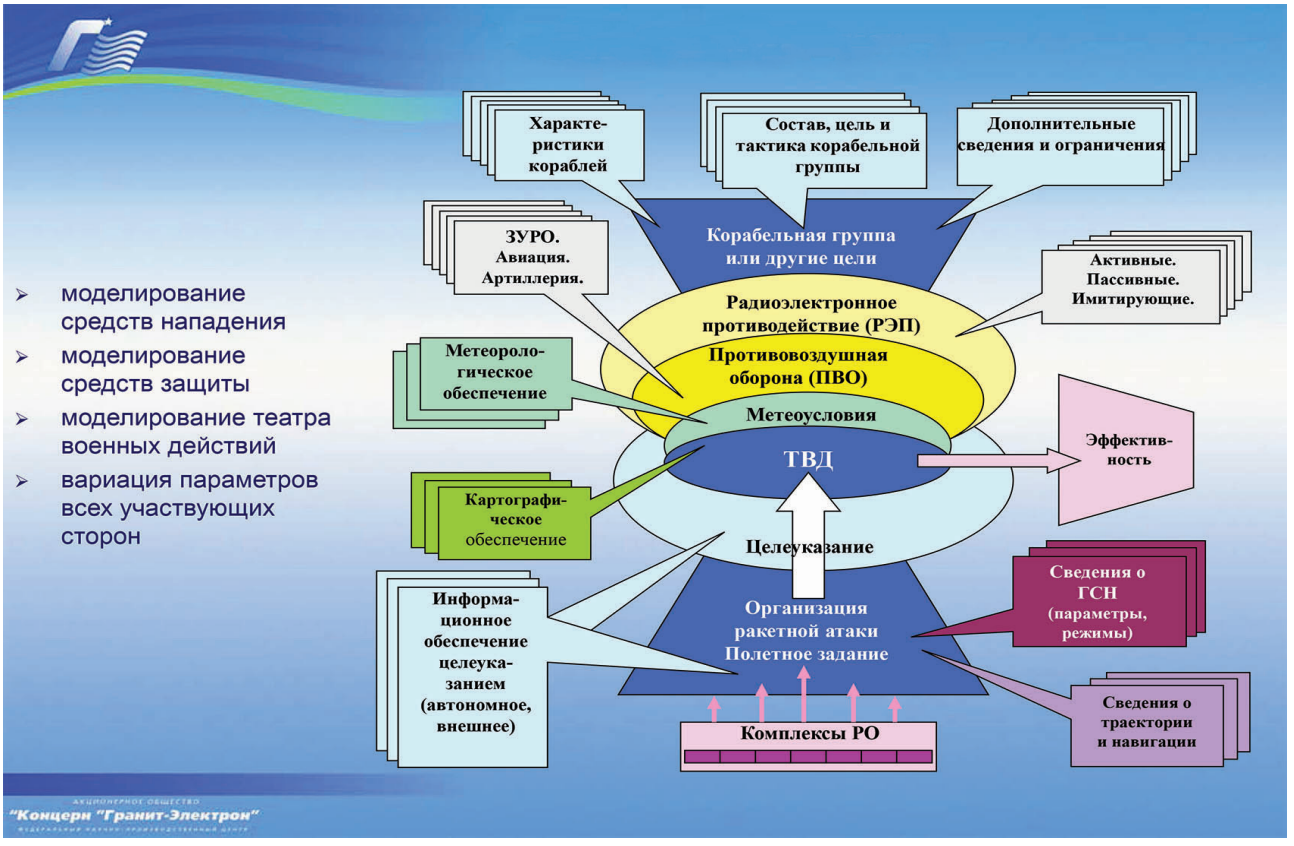


Рис. 1. ***Электронный полигон***

летах, так и на кораблях. Для борьбы со средствами ЗУР современные ПКР имеют на борту специальные средства радиоэлектронной защиты для создания уводящих помех средствам наведения ЗУР.

На этапе обнаружения целей основную роль выполняют заградительные и ответные шумовые помехи. Основные методы защиты от них предусматривают:

– уменьшение мощности излучения до значения, при котором станции ответных помех не обнаруживают зондирующий сигнал,
– поиск свободных частотных окон, в которых можно обнаружить сигналы от цели без помех;
– компенсацию помех в разностном канале и обнаружение целей, не совпадающих по угловым координатам с источником помехи.

Кроме того, на ближних подступах к корабельным группам ПКР подходят на малой высоте с противозенитным маневром. Эти мероприятия с учетом различных вариантов моделирования обеспечивают вероятность несбития в пределах 0,7–0,8.

С точки зрения преодоления радиоэлектронных помех (РЭП) и решения задачи ЦР необходимо промоделировать множество ситуаций, которые можно свести к следующим типовым.

Основными пассивными помехами являются помехи типа дипольных облаков (ДО) и уголковых отражателей (УО). Селекция цели на фоне этих помех в современных бортовых РЛС решается с использованием возможности применения широкополосного зондирующего сигнала с переменными в широком диапазоне кодовременными параметрами при одновременном когерентном приеме и обработке информации.

Спектры отраженных сигналов от УО, ДО и целей существенно отличаются, и это является надежным признаком селекции целей (рис. 2).

Результаты моделирования ситуаций в группе кораблей с постановкой ДО и УО приведены в табл. 1. Из нее следует, что уже при соотношении сигнал/шум ρ более 5 дБ вероятность селекции целей P_{Σ} на фоне всех видов пассивных помех практически равна единице. В качестве пассивных помех рассматриваются ДО, УО и связки УО (СУО).

С учетом полученных результатов селекции целей в режиме обзора можно считать, что при решении задачи целераспределения участвуют только цели без помех.

Решение задачи ЦР заключается в нахождении такого распределения ПКР залпа по целям атакуемого соединения, при котором максимизируется наносимый противнику ущерб. ЦР может быть централизованным или автономным. При централизованном ЦР решение о распределении ПКР принимается из единого центра. Решение может приниматься человеком-оператором или автоматическим устройством.

В любом случае при централизованном ЦР предполагается наличие командной линии связи, которая при этом становится зависимой от помеховой обстановки. Более устойчивым является автономное ЦР, при котором на каждой из ПКР залпа по идентичным алгоритмам определяется число ракет, направляемых на каждую из обнаруженных целей.

Таблица 1

Вероятность селекции целей P_{Σ}

ρ, дБ	5	10	15	20	30
P_{Σ} (К)	0,97	1,00	1,0	1,00	1,00
P_{Σ} (ДО)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P_{Σ} (УО)	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00
P_{Σ} (СУО)	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00

При автономном ЦР более эффективна процедура двухэтапного ЦР, при котором на первом этапе проводится предварительное распределение ПКР залпа по целям с учетом информации, полученной при обнаружении целей. В процессе второго этапа ЦР для обнаружения цели на дальности, где появляется возможность ее эффективной классификации, принимается окончательное решение о ее выборе.

Двухэтапное автономное ЦР может быть точечным или маршрутным. При маршрутном ЦР (МЦР) на первом этапе для каждой ПКР назначается последовательность целей – маршрут. На втором этапе при приближении ПКР к очередной цели заданного маршрута принимается решение о наведении на эту цель или ее пропуске.

Если установлено, что цель не главная, то она пропускается с разворотом

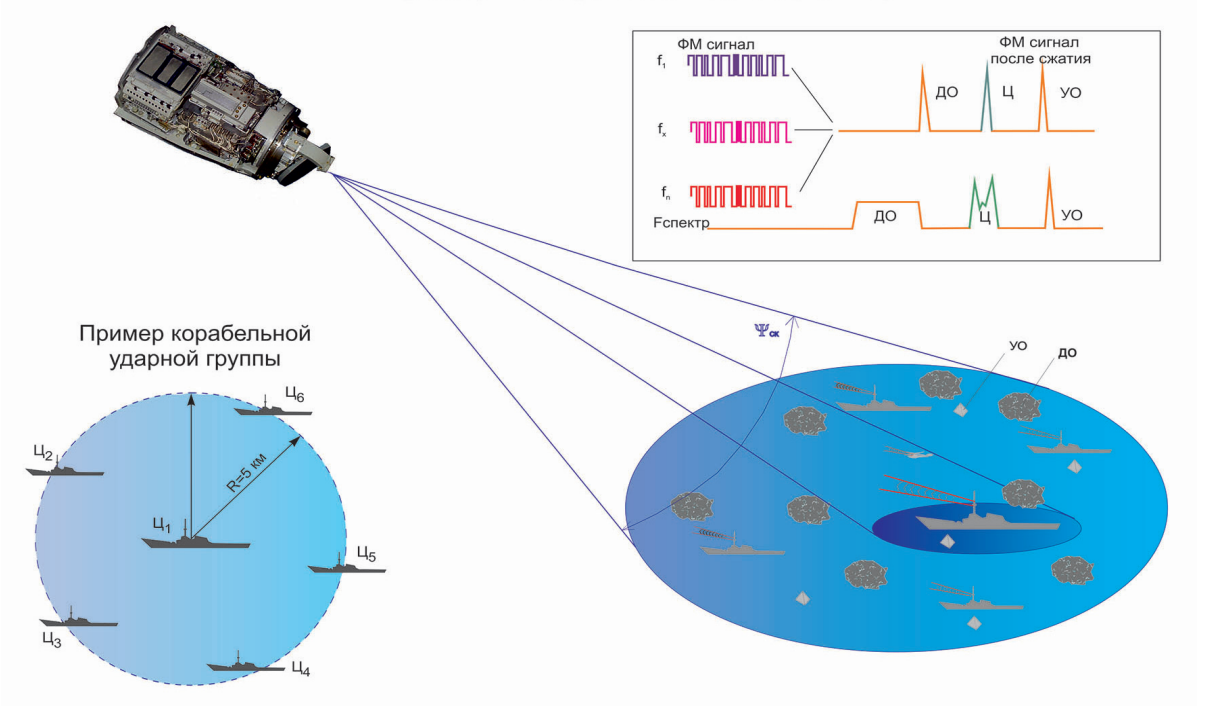


Рис. 2. Пример спектральной селекции и ЦР

ПКР на следующую цель маршрута. Исключение составляет случай, когда неглавной является последняя цель маршрута: при этом осуществляется переход к самонаведению на цель вне зависимости от результатов ее классификации.

Эффективность МЦР может быть существенно повышена, если в бортовой аппаратуре ПКР используется система обмена информацией между ракетами (СОИР).

Во-первых, при приближении ПКР к любой цели назначенного маршрута и проведении классификации этой цели возможна передача сообщения о результатах классификации на все остальные ПКР залпа. Это уменьшает неопределенность в выборе целей для атаки на те ПКР, для которых эта цель досягаема.

Во-вторых, кроме результатов классификации по информации СОИР может быть передана информация о принятом на той же ПКР решении о наведении на цель или о ее пропуске. При этом устанавливается информационная обратная связь между ПКР залпа, когда по результатам работы каждой из них остальные ПКР могут скорректировать свое поведение.

Для оценивания эффективности МЦР были разработаны для электронного полигона программы реализующих его модулей и математическая модель окружающей среды, с помощью которой в соответствии с исследуемой целевой обстановкой генерировались входные данные задачи. Исследование было проведено для случаев стрельбы по различным корабельным соединениям, из которых для иллюстрации эффективности была выбрана корабельная группа (КУГ) с числом целей $S = 6$ как наиболее характерная и наиболее важная (см. рис. 2).

КУГ включает в свой состав крупную цель $Ц_1$, расположенную в центре окружности радиусом 5 км, на которой размещается пять кораблей охранения $Ц_2$... $Ц_6$. Никаких конкретизаций относительно классов кораблей охранения не проводилось.

В качестве критерия эффективности МЦР рассматривалось среднее число ПКР залпа, выбравших главную цель $Ц_1$, при различном числе ПКР в залпе ($N = 8$, $N = 16$). При этом расчет проводился не только для случая расположения главной цели в центре ордера (цель $Ц_1$ на рис. 2), но и для случаев ее расположения на других местах ордера (на месте целей $Ц_2$... $Ц_6$), т. е. для шести различных вариантов расположения главной цели. Это позволило сделать более полную оценку, характеризующую эффективность МЦР при различных вариантах расположения главной цели.

Результаты расчетов для различного числа ПКР в залпе ($N = 8$; $N = 16$) приведены в табл. 2 и табл. 3, где ρ_{m0} – вероятность преодоления каждой ракетой залпа ПРО очередной цели маршрута.

Таблица 2

Результаты расчета при N = 8

ρ_{m0}	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$Ц_1$	0,6	1,0	1,4	1,5	1,9	2,4	3,0
$Ц_2$	0,3	0,5	0,7	1,5	1,9	2,4	3,0
$Ц_3$	0,3	0,5	0,9	1,7	2,6	3,6	**5,0**
$Ц_4$	0,3	0,5	0,9	1,0	1,5	3,2	3,0
$Ц_5$	0,3	0,5	0,7	1,0	1,3	1,6	2,0
$Ц_6$	3,2	**4,0**	**4,8**	**5,6**	**6,4**	**7,2**	**8,0**

Таблица 3

Результаты расчета при N = 16

ρ_{m0}	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$Ц_1$	1,6	2,0	2,2	2,9	3,8	**4,9**	**6,0**
$Ц_2$	0,5	1,0	1,8	2,4	3,2	**4,0**	**5,0**
$Ц_3$	0,5	1,0	1,7	2,7	**4,6**	**7,3**	**10,0**
$Ц_4$	0,5	1,0	1,7	2,7	3,6	**4,4**	**6,0**
$Ц_5$	0,5	1,0	1,8	2,4	3,2	**4,0**	**5,0**
$Ц_6$	**6,4**	**8,0**	**9,6**	**11,2**	**12,8**	**14,4**	**16,0**

В предположении, что для поражения авианосца достаточно попаданий четырех ПКР ($\omega = 4$) в таблицах жирным шрифтом выделены те результаты, которые достигают этого значения.

Из данных таблиц следует, что при вероятностях преодоления ПРО одной цели в диапазоне от 0,5 до 0,9 принятое нами контрольное число попаданий ПКР в главную цель $\omega = 4$ при его расположении на любом месте ордера при числе ПКР в залпе $N = 8$ не выполняется практически ни при каких значениях ПРО, кроме одного условия, когда главная цель находится на месте $Ц_6$. В этом случае в соответствии с принятой логикой она практически всегда выбирается как главная, так как ее нельзя пропустить. При $N = 16$ попадание в главную цель более четырех ракет не выполняется до вероятности $P_{про} \geq 0{,}9$, кроме случая положения главной цели на месте $Ц_6$, как сказано выше.

В то же время при задействовании СОИР в залпе ракет уже при числе ПКР в залпе $N = 8$ при вероятности $\rho_{m0} \geq 0{,}7$ выполняется критерий эффективности $\omega \geq 4$ (табл. 4). А при $N = 16$ условие направления ПКР в главную цель выполняется уже при вероятности $\rho_{m0} \geq 0{,}5$ (табл. 5). Это объясняется следующим образом. В случае задействования СОИР при приближении уже первой из ПКР залпа на расстояние эффективной селекции остальные ПКР немедленно информируются через

Таблица 4

Расчет выполнения критерия эффективности при N = 8

ρ_{m0}	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$Ц_1$	1,8	2,7	3,6	**4,5**	**5,6**	**6,8**	**8,0**
$Ц_2$	1,7	2,5	3,4	**4,5**	**5,6**	**6,8**	**8,0**
$Ц_3$	1,7	2,5	3,4	**4,6**	**5,7**	**6,9**	**8,0**
$Ц_4$	1,7	2,5	3,4	**4,4**	**5,5**	**6,8**	**8,0**
$Ц_5$	1,7	2,5	3,4	**4,4**	**5,5**	**6,7**	**8,0**
$Ц_6$	3,2	**4,0**	**4,8**	**5,6**	**6,4**	**7,2**	**8,0**

Таблица 5

Расчет выполнения критерия эффективности при N = 16

ρ_{m0}	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$Ц_1$	3,7	**5,2**	**6,8**	**8,9**	**11,1**	**13,5**	**16,0**
$Ц_2$	3,1	**4,7**	**6,7**	**8,7**	**11,0**	**13,4**	**16,0**
$Ц_3$	3,1	**4,7**	**6,6**	**8,8**	**11,3**	**13,7**	**16,0**
$Ц_4$	3,1	**4,7**	**6,6**	**8,8**	**11,1**	**13,5**	**16,0**
$Ц_5$	3,1	**4,7**	**6,7**	**8,7**	**11,0**	**13,4**	**16,0**
$Ц_6$	**6,4**	**8,0**	**9,6**	**11,2**	**12,8**	**14,4**	**16,0**

СОИР о расположении главной цели, и в случае ее досягаемости могут произвести перенацеливание на нее увеличивая, таким образом общее число направляемых на нее ПКР.

ВЫВОДЫ

1. Эффективным средством распределения залпа ПКР по целям атакуемого соединения является МЦР. Однако при интенсивном огневом противодействии выигрыш, получаемый МЦР, резко снижается вследствие поражения части ПКР средствами ПРО.

2. Потери в эффективности залпа при интенсивной ПРО могут быть существенно уменьшены при введении информационной обратной связи между ПКР залпа через СОИР. Это достигается за счет передачи через СОИР информации о результатах классификации целей.

3. Проведенные оценки показателей МЦР при наличии информационной обратной связи показали его высокую эффективность даже при интенсивной ПРО. Тем не менее, допущения, принятые при оценке влияния ПРО, позволяют сделать лишь предварительные заключения. Для получения достоверных оценок следует воспользоваться точной методикой учета поражающих факторов средств огневого противодействия каждой конкретной цели.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Г. А. Коржавин, Ю. Ф. Подоплёкин, И.Л. Бредун.* Пути повышения эффективности перспективных бортовых РЛС ПКР в условиях сложного радиоэлектронного противодействия /Под общ. ред. Г. А. Коржавина. – СПб.: АО «Концерн «Гранит-Электрон», 2016. Инв.: ЛБ-21677. ■

УПРАВЛЕНИЕ РАЗРАБОТКОЙ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЯ В СОСТАВЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Р.В. Брезгин, *канд. техн. наук,*
начальник лаборатории – зам. начальника отдела,
В.В. Кобзев, *д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотрудник,*
АО «Концерн «НПО «Аврора»,
контакт. тел. (812) 610 1109

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время существует несколько определений жизненного цикла изделия. Наиболее приемлемым, на наш взгляд, является определение, данное в ГОСТ Р 53394–2009: жизненный цикл – совокупность этапов, через которые проходит изделие за время своего существования.

Основные этапы жизненного цикла – проектирование, изготовление, эксплуатация и утилизация. Ниже речь пойдет об этапе проектирования изделий приборостроительного предприятия судостроительной отрасли, важной составляющей которого является разработка конструкторской документации (КД).

Создание КД сопряжено с большой сложностью и комплексностью работ, взаимозависимостью создания многих документов, необходимостью учета материально-технических ресурсов, состава исполнителей и других факторов.

Формализация процесса разработки КД проводится на основе сетевых методов планирования и управления. Современная методология сетевого планирования и управления, основанная на применении сетевых моделей планируемых процессов, допускающих использование вычислительной техники, позволяет быстро определить последствия различных вариантов управляющих воздействий и находить наилучшие из них. Это дает возможность руководителям проектов своевременно получать достоверную информацию о состоянии дел; возникших задержках и возможностях ускорения хода работ; концентрирует внимание руководителей на «критических» работах, определяющих продолжительность проведения разработки в целом; заставляет совершенствовать технологию и организацию работ, непосредственно влияющих на сроки проведения разработки; помогает составлять рациональные планы работ; обеспечивает согласованность действий исполнителей.

Сетевое планирование и управление начинается с представления программы работ в виде операций. Определяются оценки продолжительности операций и строится сетевая модель в виде графического плана выполнения комплекса работ. Построение сетевой модели позволяет проанализировать все операции и внести улучшения в структуру модели до начала её реализации. На основе сетевой модели строится календарный график, определяющий начало и окончание каждой операции, а также взаимосвязи с другими операциями графика. Сетевая модель и календарный график позволяют выявить критические операции, которым необходимо уделять особое внимание, чтобы закончить все работы в назначенный срок. По некритическим операциям календарный план позволяет определить резервы времени, которые можно выгодно использовать.

Задачи сетевого планирования и управления невозможно решить без автоматизации процесса построения сетевых моделей, графиков и расчетов их параметров. Известные методы расчета критического пути [1] имеют значительную сложность алгоритмизации при использовании ЭВМ для их реализации. Известные автоматизированные системы сетевого планирования (например, MS Project) имеют мощные встроенные средства создания и управления сетевыми и календарными графиками, однако подготовка и ввод исходных данных в систему может представлять также весьма существенную по сложности и длительности задачу, что в значительной степени увеличивает трудоемкость разработки КД.

В настоящей статье предлагается метод, обеспечивающий возможность автоматизированного формирования сетевой модели процесса создания конструкторской документации. Формальный алгоритм метода позволит его использовать в автоматизированных системах планирования и управления разработкой технической документации предприятия.

Суть предлагаемого метода иллюстрируется на примере условного изделия приборостроения типа корабельная система управления (СУ ТС) из состава комплексной системы управления техническими средствами (КСУ ТС) корабля. Все указанные в настоящей статье данные о составе и характеристиках КД использованы только для примера и носят методический характер.

1. ФОРМИРОВАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

В рамках принятой системы технического документооборота любого предприятия, использующего систему ЕСКД, номенклатура КД для различных стадий проектирования изделий устанавливается в стандарте предприятия (СТП).

Конкретный состав КД, который разрабатывается для конкретного изделия, устанавливается для каждого вида изделия в документе Д1 «Перечень-комплектность документации изделия».

Множество всех конструкторских документов, составляющих комплект КД для разработки конкретного изделия, обозначим $M_{КД}$.

При реальном процессе проектирования каждый документ разрабатывается за определенное время. Длительность разработки конкретного документа Z из состава КД может быть определена по формуле:

$$Z = T_б \cdot N_л / N_{чел}\ , \text{ ч}, \qquad (1)$$

где $T_б$ – базовая трудоемкость разработки одного листа определённого вида документа, чел.×ч, $N_л$ – объем документа в количестве листов условного формата А4, $N_{чел}$ – количество разработчиков документа.

Базовая трудоемкость $T_б$ для каждого вида документа определяется на основе статистических данных. Объем документа определяется экспертным путем на основе аналогий.

В табл. 1 для примера приведены данные по трудоемкости и длительности разработки комплекта КД.

2. ПОСТРОЕНИЕ СЕТЕВОЙ МОДЕЛИ (МАТРИЦЫ СМЕЖНОСТИ И ГРАФА)

На основе генетической связи «предки-потомки» выполняется анализ причинно-следственной зависимости для документов из комплекта КД.

Обозначим ориентированный граф $G_{КД} = (M_{КД}, B_{КД})$, где $B_{КД}$ – множество упорядоченных пар на $M_{КД}$. Вершины графа $G_{КД}$ – отдельные документы комплекта, а дуги – генетические связи между ними.

Множество $B_{КД}$ зададим в виде квадратной матрицы смежности $B_{КД}$, показанной на рис. 1, которая строится по следующему правилу:

$$b_{ij} = \begin{cases} 1, \text{если } i\text{ – ый документ} \\ \text{является предком для } j\text{-го;} \\ 0, \text{иначе.} \end{cases} \qquad (2)$$

Таблица 1

Состав и данные по трудоемкости и длительности разработки документов из комплекта КД

Код документа	Наименование документа	Объем, листов А4	$T_б$, чел./ч	$N_{чел}$, чел.	Z, ч
Э1	Схема электрическая структурная	2	5,9	1	12
ТЭ4	Таблица соединений	15	3,7	1	56
Э6	Схема электрическая общая	7	3,7	1	26
Э0	Схема электрическая функционально-принципиальная	10	7,4	1	74
Е1	Схема деления структурная	8	5,9	1	47
С1	Схема комплектационная структурная	2	5,9	1	12
ТУ	Технические условия	70	2,8	1	196
РР1	Расчет надежности	60	3,2	1	192
РР5	Расчет и обоснование уровня стандартизации и унификации	15	3,2	1	48
РР18	Расчет потребных вычислительных ресурсов типовых ИУС	30	3,2	1	96
Д24	Методика приемо-сдаточных испытаний	25	3,2	1	80
Д26	Методика проверки изделия на функционирование	20	3,2	1	64
Д33	Программа материально-технической приемки	25	3,2	1	80
Д38	Формуляр сдаточный	40	1	1	40
ПКИ	Перечень комплектующих изделий	30	1	1	30
ПФ	Патентный формуляр	6	3,2	1	19
РЭ	Руководство по эксплуатации	76	3,2	1	243
ФО	Формуляр	70	1	1	70
ФО1	Формуляр. Приложение	20	1	1	20
ЗИ	Ведомость ЗИП	10	3,2	1	32
И*	СУ ТС. Порядок установки приборов унифицированной конструкции на объекте	177	0	0	0
Д	Ведомость заменителей электрорадиоизделий	30	1	1	30
ИМ*	СУ ТС. Инструкция по монтажу, пуску, регулированию и обкатке изделия	58	0	0	0

* Используются ранее разработанные типовые документы.

	Э1	ТЭ4	Э6	Э0	Е1	С1	ТУ	РР1	РР5	РР18	Д24	Д26	Д33	Д38	ПКИ	ПФ	РЭ	ФО	ФО1	ЗИ	И	Д	ИМ
Э1		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
ТЭ4	0		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Э6	0	1		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Э0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Е1	1	0	1	1		1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
С1	1	0	1	0	0		0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
ТУ	0	0	0	0	0	0		0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
РР1	0	0	0	0	0	0	1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
РР5	0	0	0	0	0	0	0	1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
РР18	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Д24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Д26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Д33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Д38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
ПКИ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
ПФ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0
РЭ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0
ФО	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
ФО1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		0	0	0	0
ЗИ	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1		0	1	0
И	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0
Д	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
ИМ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	

Рис. 1. ***Матрица смежности $B_{КД}$ графа $G_{КД}$ сетевой модели процессов разработки документов из комплекта КД***

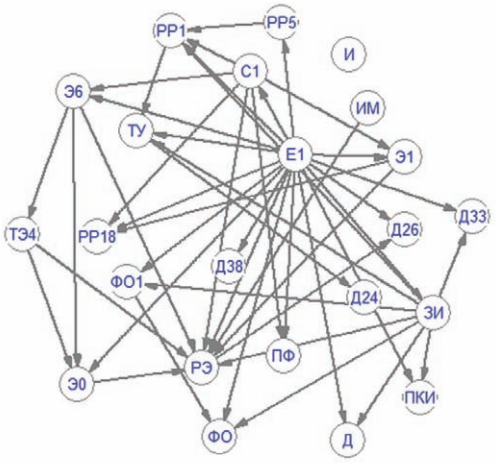


Рис. 2. ***Граф $G_{КД}$ сетевой модели процессов разработки документов из комплекта КД***

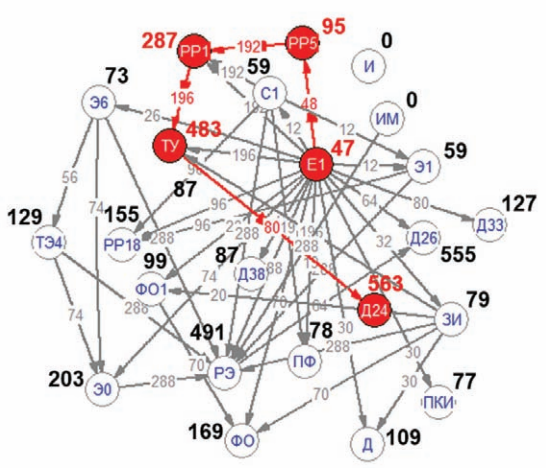


Рис. 3. ***Граф сетевой модели процессов разработки документов из комплекта КД с указанием весов вершин и дуг***

Физически «1» означает наличие дуги между вершинами i и j. На основе матрицы смежности строится граф $G_{КД}$, показанный на рис. 2.

3. РАСЧЕТ КРИТИЧЕСКОГО ПУТИ И КРИТИЧЕСКОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ

Из анализа матрицы смежности $B_{КД}$ (см. рис. 1) можно установить, что отдельные вершины графа могут иметь нулевое количество предков – являются входами графа. Также отдельные вершины могут иметь нулевое количество потомков – являются выходами графа. Количество предков i-й вершины графа определяется по матрице смежности $B_{КД}$ как число элементов i-го столбца матрицы со значением «1», а количество потомков i-й вершины графа – как число элементов i-й строки матрицы со значением «1».

Основным параметром, характеризующим сетевую модель, является критический путь $П_{кр}$, определяемый как один из всех путей между одной из входных вершин графа и одной из выходных вершин, имеющий наибольшую временную продолжительность. Критический путь $П_{кр}$ определяет критическую длительность $Z_{кр}$ – максимальную длительность, в течение которой завершатся все работы сетевой модели. Для сетевой модели разработки КД критический путь $П_{кр}$ графа определяет перечень документов, разработка которых будет определять максимальную длительность разработки всего комплекта КД на изделие.

Существуют различные способы определения критического пути графа [2, 3]. Определим величину длительности критического пути следующим образом.

Для каждой дуги графа $G_{КД}$ вводится понятие веса дуги $C(x_i, x_j)$, соответствующего длительности разработки документа, к которому направлена дуга. Также вводится понятие веса вершины $L(x_i)$, соответствующего величине полной длительности разработки данного документа, начиная от начальной вершины графа. Вес дуги обозначается цифрой на дуге графа, вес вершины обозначается цифрой рядом с вершиной графа (рис. 3).

Полная длительность разработки документа, соответствующая весу вершины $L(x_i)$, определяется как сумма длительностей разработки всех документов, входящих в самый длинный путь от начала графа до вершины x_i.

Величина критической длительности графа будет равна наибольшей из величин полной длительности, определенных для вершин графа. Для графа $G_{КД}$ (рис. 3) критическая длительность будет соответствовать полной длительности документа с кодом «Д24»: $Д_{кр} = 563$ ч.

Критический путь графа $G_{КД}$ будет соответствовать пути с наибольшей временной длительностью от входной вершины до вершины, соответствующей документу с кодом «Д24». Определим перечень вершин, входящих в критический путь, следующим образом: дуги, образующие путь, могут быть найдены способом последовательного возвращения, начиная от конечной вершины критического пути. А именно, дуга (x_i, x_j) принадлежит пути тогда и только тогда, когда $L(x_i)$ является максимальным из всех вершин x_i, от которых имеются дуги, направленные к вершине x_j. Путь определяется по шагам, начиная с конечной вершины x_n. Начиная с вершины x_j, равной x_n, на каждом следующем шаге определяется вершина x_i, для которой выполняется указанное утверждение. Шаги продолжаются до тех пор, пока не будет достигнута начальная вершина x_0.

Для графа $G_{КД}$ критический путь: $П_{кр}$ = Е1→РР5→РР1→→ТУ→Д24 (см. рис. 3). Причем сумма длительностей разработки документов, входящих в критический путь $П_{кр}$ графа $G_{КД}$, равна критической длительности $Z_{кр}$ (563 ч).

4. ФОРМИРОВАНИЕ ГРАФИКА РАБОТ

Завершающим этапом сетевого планирования является задача формирования временного графика работ на основе построенной сетевой модели и рассчитанных параметров сети.

На рис. 3 вес каждой вершины $L(x_i)$ графа определяет величину полной длительности разработки документа или, что тоже самое, значение времени окончания разработки данного документа $Z_К(x_i)$ относительно момента времени начала работ. Вычитая из $Z_К(x_i)$ значение длительности разработки документа $Z(x_i)$, определяется значение времени начала разработки данного документа $Z_Н(x_i)$ относительно момента времени начала работ – см. табл. 2. На основе данных табл. 2 возможно построить временной график разработки КД (рис. 4).

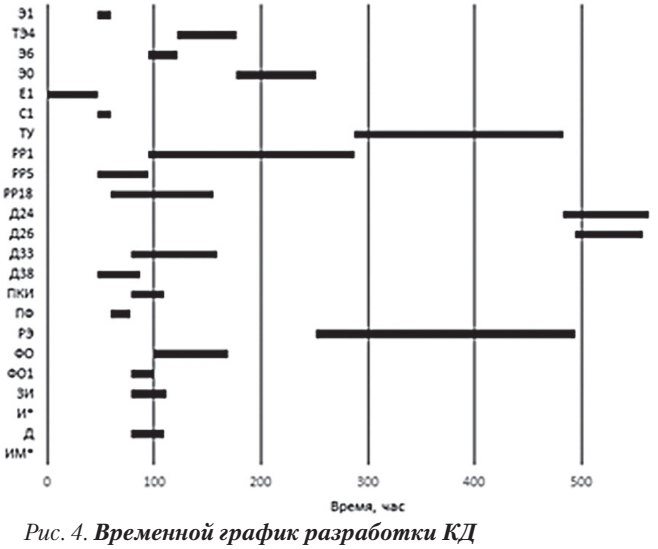


Рис. 4. ***Временной график разработки КД***

Таблица 2

Данные для формирования временного графика разработки документов из комплекта КД

Код документа	Наименование документа	Z, час	$Z_к$, час	$Z_н$, час
Э1	Схема электрическая структурная	12	59	47
ТЭ4	Таблица соединений	56	177	121
Э6	Схема электрическая общая	26	121	95
Э0	Схема электрическая функционально-принципиальная	74	251	177
Е1	Схема деления структурная	47	47	0
С1	Схема комплектационная структурная	12	59	47
ТУ	Технические условия	196	483	287
РР1	Расчет надёжности	192	287	95
РР5	Расчет и обоснование уровня стандартизации и унификации	48	95	47
РР18	Расчет потребных вычислительных ресурсов типовых ИУС	96	155	59
Д24	Методика приёмо-сдаточных испытаний	80	563	483
Д26	Методика проверки изделия на функционирование	64	558	494
Д33	Программа материально-технической приемки	80	159	79
Д38	Формуляр сдаточный	40	87	47
ПКИ	Перечень комплектующих изделий	30	109	79
ПФ	Патентный формуляр	19	78	59
РЭ	Руководство по эксплуатации	243	494	251
ФО	Формуляр	70	169	99
ФО1	Формуляр. Приложение	20	99	79
ЗИ	Ведомость ЗИП	32	79	47
И	СУ ТС. Порядок установки приборов унифицированной конструкции на объекте	0	0	0
Д	Ведомость заменителей электрорадиоизделий	30	109	79
ИМ	СУ ТС. Инструкция по монтажу, пуску, регулированию и обкатке изделия	0	0	0

5. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕТЕВОЙ МОДЕЛИ РАЗРАБОТКИ КД

На основе рассмотренных основных этапов сетевого планирования введем следующее математическое определение сетевой модели $СМ_{КД}$ для процессов разработки КД:

$$CM_{КД} = < G_{КД}, Z_{кр}, П_{кр}, MZ, MZ_к >,$$

где $G_{КД} = (M_{КД}, B_{КД})$ - ориентированный граф, $M_{КД}$ = {x | x = код конструкторского документа} - множество всех процессов разработки конструкторских документов, составляющих комплект КД для конкретного изделия, $B_{КД}$ – множество дуг графа $G_{КД}$ – множество упорядоченных пар на $M_{КД}$, т.е. подмножество множества $M_{КД}$ x $M_{КД}$, заданное в виде матрицы смежности, $Z_{кр}$ – критическая длительность, $П_{кр}$ – критический путь, MZ – множество значений длительности разработки документов из состава множества $M_{КД}$, $MZ_к$ – множество значений полной длительности разработки документов из состава множества $M_{КД}$.

6. АВТОМАТИЗАЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СЕТЕВОЙ МОДЕЛИ РАЗРАБОТКИ КД

Использование предложенной сетевой модели $CM_{КД}$ в системах автоматизированного управления техническим документооборотом требует разработки специального алгоритмического обеспечения для определения элементов модели.

Ниже предлагается метод автоматизированного определения элементов сетевой модели, основанный на способе топологической сортировки ориентированного графа.

1. Определение состава документации $M_{КД}$ и длительностей разработки документов MZ.

Данные о составе $M_{КД}$ и длительности разработки MZ документов из комплекта КД являются исходными и определяются разработчиками изделия на начальном этапе его проектирования.

В рамках принятой системы технического документооборота предприятия, использующего систему ЕСКД, номенклатура конструкторской документации для различных стадий проектирования изделий устанавливается в стандарте предприятия [4]. Номенклатура КД, которая должна быть разработана для конкретного изделия, устанавливается с учетом требований технического задания в конструкторском документе «Перечень-комплектность документации изделия».

Как было указано выше, оценка длительности разработки каждого документа из состава КД перед началом проектирования определяется экспертным путем.

Исходные данные для формирования сетевой модели разработки КД представлены в табл. 1.

2. Формирование матрицы смежности ориентированного графа.

В связи с тем, что в стандарте предприятия может быть установлена полная номенклатура документов, возможных для разработки всех изделий, выпускаемых данным предприятием, возможно заранее сформировать матрицу смежности $В_{ст}$ для всех конструкторских документов, возможных для разработки на данном предприятии.

В таком случае матрицу смежности $В_и$ для комплекта КД какого-либо конкретного изделия возможно получить из матрицы смежности $В_{ст}$ путем исключения всех строк и столбцов, соответствующих документам, не вошедшим в состав комплекта КД для данного изделия.

Таким образом, матрица смежности $В_и$ для комплекта КД конкретного изделия автоматически формируется из матрицы смежности $B_{ст}$ на основе данных $M_{КД}$ о составе КД изделия.

Таблица 3

Результаты обработки матрицы смежности графа $G_{КД}$ при выполнении алгоритма топологической сортировки

Э1	ТЭ4	Э6	Э0	Е1	С1	ТУ	РР1	РР5	РР18	Д24	Д26	Д33	Д38	ПКИ	ПФ	РЭ	ФО	ФО1	ЗИ	И	Д	ИМ	
1	1	2	3	0	1	3	4	1	3	1	2	2	1	2	2	8	3	2	1	0	2	0	Ord0={Е1, И, ИМ}
0	1	1	2	-	0	2	3	0	2	1	1	1	0	1	1	6	2	1	0	-	1	-	Ord ={Э1, С1, РР5, Д38, ЗИ}
-	1	0	2	-	-	1	0	-	0	1	1	0	-	0	0	3	1	0	-	-	0	-	Ord ={Э6, РР1, РР18, Д33, ПКИ, ПФ, ФО1, Д}
-	0	-	1	-	-	0	-	-	-	1	1	-	-	-	-	2	0	-	-	-	-	-	Ord ={ТЭ4, ТУ, ФО}
-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	0	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	Ord ={Э0, Д24}
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	Ord ={РЭ}
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ord ={Д26}

Очевидно, что в реальных условиях проектирования сформированная матрица смежности $B_и$ подлежит корректировке экспертом (разработчиком изделия) для учета особых условий производства конкретного изделия.

3. Определение расчетных параметров модели.

Автоматизация определения расчетных параметров сетевой модели выполняется с использованием алгоритмов обработки матрицы смежности графа на основе способа топологической сортировки.

Пусть уровень вершины графа – натуральное число, определяемое следующим образом:

1) если количество предков вершины графа равно нулю, то ее уровень равен нулю (т.е. нулевой уровень графа составляет множество N_0 всех входов графа);
2) если множества N_i вершин уровня i определены для всех $i \le k$, то для уровня k+1 множество N_{k+1} содержит те и только те вершины, предки которых принадлежат любому из уровней с номером от 0 до k, причем существует хотя бы один предок уровня k.

Физический смысл уровня вершины графа означает длину максимального пути (в количестве дуг) от входной вершины графа до данной вершины.

Граф сетевой модели подвергается топологической сортировке (упорядочиванию вершин графа) таким образом, чтобы вершины, принадлежащие одному уровню, располагались слева направо, а уровни располагались сверху вниз, по слоям.

Для выполнения топологической сортировки используется принцип Демукрона следующим образом [3]. Нулевой уровень образуют входные вершины графа – вершины с количеством предков, равным нулю. Удалив из графа все вершины нулевого уровня и исходящие из них дуги, вновь получают граф, входами которого будут вершины первого уровня исходного графа. Указанный процесс «послойного» удаления вершин продолжают до тех пор, пока все вершины исходного графа не будут распределены по уровням.

Реализация принципа Демукрона для графа $G_{КД}$ порядка n может быть выполнена путем обработки матрицы смежности $B_{КД}$ согласно следующему алгоритму топологической сортировки. В результате работы алгоритма получается массив Ord, номер каждого элемента которого соответствует номеру уровня, а значение элемента содержит множество вершин графа (кодов документов) $G_{КД}$, входящих в данный уровень.

1. В качестве временной переменной сформировать множество V всех вершин графа $G_{КД}$. В качестве временной переменной сформировать массив M, номер каждого элемента которого соответствует порядковому номеру столбца матрицы смежности $B_{КД}$, а значение элемента равно количеству ячеек в соответствующем столбце со значением «1». Значение счетчика уровней k установить равным нулю.

2. Если множество V не пусто, перейти на шаг 3, если иначе, то перейти на шаг 4.

3. Сформировать элемент массива Ord с номером k. В качестве значения элемента массива Ord определить множество вершин (кодов документов) графа $G_{КД}$, соответствующих столбцам матрицы смежности, для которых значения элементов массива M равны нулю. В множестве V удалить вершины, составляющие найденное множество вершин в k-м элементе массива Ord («замаскировать» вершины). Для элементов массива M, имеющих значение «0», значение изменить на «-». Для остальных элементов массива M значения уменьшить на число, соответствующее количеству ячеек со значением «1» в столбце матрицы смежности $B_{КД}$, соответствующем номеру данного элемента массива M, и в строках, соответствующих вершинам, составляющим найденное множество вершин в k-м элементе массива Ord (т.е. вершинам найденного последнего уровня). Увеличить счетчик уровней на 1 ($k = k$+1). Вернуться к шагу 2.

5. Конец алгоритма.

В табл. 3 приведены результаты алгоритма обработки матрицы смежности графа $G_{КД}$ (рис. 1), строки которой для каждой итерации алгоритма содержат последовательности значений массива M и элементов массива Ord_i. Прочерки соответствуют вершинам, не принадлежащим множеству V («замаскированные» вершины) на соответствующем этапе алгоритма.

На рис. 5 приведен граф $G_{КД}$, преобразованный после топологической сортировки.

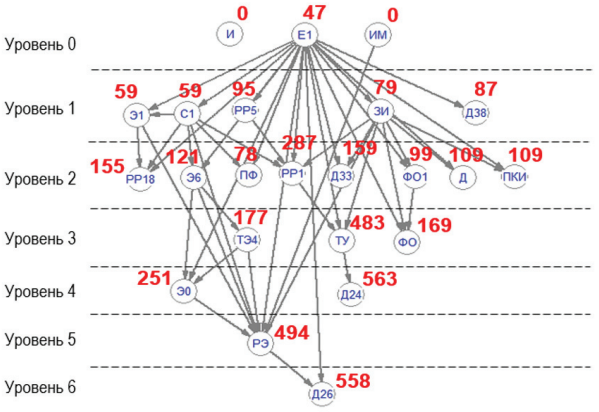


Рис. 5. ***Граф $G_{КД}$, упорядоченный по уровням вершин***

Определить полные длительности разработки каждого документа, а также критическую длительность $Z_{кр}$, можно путем выполнения модифицированного алгоритма обработки матрицы смежности графа.

Для ориентированного графа $G_{КД}$ формируется модифицированная матрица смежности $B_м$ следующим образом (рис. 6):

$$b_{ij} = \begin{cases} Z\,(\text{ч}), \text{если } \varepsilon_i = \varepsilon_j; \\ 1, \text{если из } i\text{-й вершины} \\ \text{в } j\text{-ю ведет дуга;} \\ 0, \text{в противном случае.} \end{cases} \qquad (3)$$

	Э1	ТЭ4	Э6	Э0	Е1	С1	ТУ	РР1	РР5	РР18	Д24	Д26	Д33	Д38	ПКИ	ПФ	РЭ	ФО	ФО1	ЗИ	И	Д	ИМ
Э1	12	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
ТЭ4	0	56	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Э6	0	1	26	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Э0	0	0	0	74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Е1	1	0	1	1	47	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
С1	1	0	1	0	0	12	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
ТУ	0	0	0	0	0	0	196	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
РР1	0	0	0	0	0	0	1	192	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
РР5	0	0	0	0	0	0	0	1	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
РР18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Д24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Д26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Д33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Д38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ПКИ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0
ПФ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0
РЭ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	243	0	0	0	0	0	0
ФО	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70	0	0	0	0	0
ФО1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	20	0	0	0	0
ЗИ	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	32	0	1	0
И	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Д	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0
ИМ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Рис. 6. ***Модифицированная матрица B_M смежности графа $G_{КД}$ сетевой модели процессов разработки документов из комплекта КД с указанием значений длительности разработки документов на главной диагонали***

На первом шаге выполняется алгоритм, реализующий обработку матрицы смежности графа $G_{КД}$ по принципу Демукрона и результаты обработки алгоритма записываются в табличной форме (см. табл. 3).

На втором шаге выполняется дополнительный алгоритм обработки матрицы смежности, результаты обработки см. табл. 4.

В строке таблицы для уровня Ord_0 в ячейках со значением «0» в скобках указывается полная длительность разработки документов $Z_к$, равная длительности разработки соответствующих документов, указанная в матрице смежности на главной диагонали. Далее последовательно для каждой строки следующего уровня Ord_i выполняется следующее:

1) Определяются вершины (коды документов), для которых в строке уровня Ord_i указано значение «0».

2) Отдельно для каждой вершины, определенной по п.1), выполняется следующее:

2.1) По матрице смежности B_M (рис. 6) определяются вершины-предки (вершины, для которых указано значение «1» в соответствующем столбце матрицы смежности).

2.2) Для найденных вершин по п. 2.1) в таблице 4 в ячейках строки для предыдущего уровня Ord_{i-1} определяется полная длительность разработки документа $Z_к$ (цифра в скобках) и выбирается максимальное из найденных значений.

2.3) В таблице 4 в столбце, соответствующем рассматриваемой вершине по п. 2), в ячейку для уровня Ord_{i-1} записывается в скобках значение, найденное по п. 2.2), а в ячейку для уровня Ord_i записывается в скобках значение полной длительности $Z_к$ разработки документа, равное

Таблица 4

Результаты обработки матрицы $B_{КД}$ смежности графа $G_{КД}$ при выполнении модифицированного алгоритма топологической сортировки

Э1	ТЭ4	Э6	Э0	Е1	С1	ТУ	РР1	РР5	РР18	Д24	Д26	Д33	Д38	ПКИ	ПФ	РЭ	ФО	ФО1	ЗИ	И	Д	ИМ	
1(47)	1	2	3	0(47)	1(47)	3	4	1(47)	3	1	2	2	1(47)	2	2	8	3	2	1(47)	0(0)	2	0(0)	Ord0={Е1, И, ИМ}
0(59)	1	1(95)	2	-	0(59)	2	3(95)	0(95)	2(59)	1	1	1(79)	0(87)	1(79)	1(59)	6	2	1(79)	0(79)	-	1(79)	-	Ord ={Э1, С1, РР5, Д38, ЗИ}
-	1(121)	0(121)	2	-	-	1(287)	0(287)	-	0(155)	1	1	0(159)	-	0(109)	0(78)	3	1(99)	0(99)	-	-	0(109)	-	Ord ={Э6, РР1, РР18, Д33, ПКИ, ПФ, ФО1, Д}
-	0(177)	-	1(177)	-	-	0(483)	-	-	-	1(483)	1	-	-	-	-	2	0(169)	-	-	-	-	-	Ord ={ТЭ4, ТУ, ФО}
-	-	-	0(251)	-	-	-	-	-	-	0(563)	1	-	-	-	-	1(251)	-	-	-	-	-	-	Ord ={Э0, Д24}
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1(494)	-	-	-	-	0(494)	-	-	-	-	-	-	Ord ={РЭ}
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	(	-	5	-	5	-	8	-	)	-	-	Ord ={Д26}

сумме значения, найденного по п. 2.2), и значения длительности разработки данного документа, определяемого по главной диагонали модифицированной матрицы смежности $B_м$ для данной вершины.

Результаты обработки матрицы смежности графа $G_{КД}$ указанным модифицированным алгоритмом приведены в табл. 4.

В результате в табл. 4 для каждого документа ячейка со значением «0» в скобках будет сдержать значение полной длительности $Z_к$ разработки данного документа. Множество указанных значений будет составлять множество $MZ_к$ значений длительности разработки документов из состава КД. Ячейка с наибольшим числом в скобках будет соответствовать критической длительности разработки документов $Z_{кр}$.

Множество значений ячеек в главной диагонали модифицированной матрицы смежности $B_{КД}$ на рис. 6 будут составлять множество *MZ* значений длительности разработки документов из состава КД.

Критический путь определяется также по шагам на основе обработки табл. 4 на основе следующего алгоритма.

1. Определить ячейку с максимальным значением полной длительности (цифра в скобках). Вершину (код документа), соответствующую столбцу с найденной ячейкой, определить конечной в критическом пути. Указанную вершину также определить в качестве значения временной переменной *D*. Уровень, соответствующий строке с найденной ячейкой, определить в качестве временной переменной *k*. Если найденная ячейка находится на уровне «0», перейти на шаг 4, если иначе, то перейти на следующий шаг.

2. Для вершины, указанной в качестве значения переменной *D*, по матрице смежности $B_м$ на рис. 6 определить множество *M* вершин-предков (вершин, для которых указано значение «1» в соответствующем столбце матрицы смежности).

3. В табл. 4 в строке для уровня *k*–1 для столбцов, соответствующих вершинам из состава множества *M*, определить такую ячейку со значением «0», в которой цифра в скобках будет наибольшей. Вершину (код документа), соответствующую столбцу для найденной ячейки, определить предыдущей вершиной в критическом пути. Если найденная ячейка находится на уровне «0», перейти на шаг 4, если иначе, то значению переменной *D* присвоить вершину, соответствующую столбцу для найденной ячейки, значению переменной *k* присвоить значение, соответствующее уровню строки найденной ячейки, и перейти на шаг 2.

4. Конец алгоритма.

Таким образом, сетевая модель разработки КД $CM_{КД}$ определяется формальным способом на основе исходных данных о составе конструкторской документации на изделие $M_{КД}$ и данных о взаимосвязи документов в составе КД, которые определены стандартом предприятия.

Следует отметить, что реальные процессы разработки конструкторской документации на сложные изделия имеют более сложную природу и могут характеризоваться существенно более обширным количеством показателей. КД на изделия приборостроения морской техники имеют сложную иерархическую структуру, отражающую структуру изделия (например, уровни система–прибор–модуль). Разработка взаимосвязанных документов может выполняться частично параллельно, а не строго последовательно. Также на разработку КД могут оказывать влияние внешние факторы, например, такие как необоснованное затягивание сроков рассмотрения и согласования КД внешней организацией.

Сетевая модель разработки КД, предложенная в настоящей статье, характеризует базовые принципы разработки КД на сложное изделие и может быть расширена с учетом дополнительных исследований.

ВЫВОДЫ

1. Представлено математическое определение сетевой модели на основе анализа основных этапов сетевого планирования процесса разработки КД.

Введен новый параметр, характеризующий сетевую модель, в виде критической длительности работ, который дополняет общепринятое понятие «критический путь» и может служить основанием для оптимизации (минимизации) трудозатрат на разработку КД.

2. Определены этапы (и их содержательный смысл) сетевого планирования, включающие:

- определение номенклатуры и параметров элементарных работ;
- анализ взаимозависимости работ;
- расчет критической длительности и критического пути;
- формирование временного графика работ.

Результатом анализа взаимозависимости работ является полученная матрица смежности для полной номенклатуры документов из комплекта КД на изделие. На основе матрицы смежности синтезирован граф генетических связей (предки-потомки) для документов из состава КД.

Расчет критической длительности и критического пути производится на основе матрицы смежности и графа генетических связей. Между двумя математическими объектами – матрицей и графом существует биективная связь (взаимнооднозначное соответствие).

3. Предложен метод автоматизированного формирования сетевой модели разработки КД, основанный на способе топологической сортировки ориентированного графа. Метод состоит из последовательно выполняемых этапов, а именно:

- определение состава документации и длительности разработки документов;
- формирование матрицы смежности ориентированного графа;
- определение расчетных параметров модели.

Разработаны два алгоритма: алгоритм обработки матрицы смежности вершин графа любого порядка и алгоритм определения критического пути.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Леви Ф., Томпсон Г., Уист Дж.* Введение в метод критических путей. – М.: Мир, 1963.–335 с.
2. *Белоусов А.И., Ткачев С.Б.* Дискретная математика. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 744 с.
3. *Кристофидес Н.* Теория графов. Алгоритмический подход – М.: Мир, 1978. – 432 с.
4. *Брезгин Р.В.* Новая информационная технология создания полного комплекта конструкторской документации для изделий приборостроения с использованием модульного принципа // Системы управления и обработки информации: Науч.-техн. сб. / АО «Концерн «НПО «Аврора». СПб. – 2016.– Вып. 4(35).– С.100–106. ■

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОБМЕНА ДАННЫМИ: НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ Е-НАВИГАЦИИ

Е.Л. Гайдук, *канд. техн. наук, зам. директора АО «Кронштадт Технологии», контакт. тел. (812) 449 9090 доб. 557 02, +7 (981) 166 4177*

Пятнадцать лет назад на всех судах класса А стало необходимым использование аппаратуры автоматической системы опознавания, или, как она называлась до выхода в свет русского перевода действующей версии Рекомендации МСЭ-R M.1371-5 [1], автоматической идентификационной системы, – АИС. Компетенции российской Группы «Кронштадт» (автора текущего материала) в вопросах разработки, производства и внедрения элементов е-Навигации (аппаратуры АИС, электронных навигационных карт, сложного бортового и берегового оборудования) позволяют ей выступать экспертом в этой области и принимать участие в заседаниях МАМС и других международных профессиональных сообществ. Повсеместное применение АИС играет важнейшую роль в деле обеспечения безопасности мореплавания, особенно в районах интенсивного судоходства. И именно в этих районах выявилась неблагоприятная особенность, которой обладает АИС. Она связана с принципом организации связи, принятой в АИС, при которой каждое сообщение, передаваемое судном или береговой системой управления движением судов (СУДС), занимает некоторый временной интервал, в течение которого остальные суда, находящиеся в зоне действия передающей сообщение станции АИС, ничего передавать не могут. Такая система называется системой множественного доступа с временным разделением каналов – TDMA (англ. Time Division Multiple Access). Помимо очевидных достоинств она обладает недостатком: при слишком большом количестве станций, находящихся в зоне видимости друг друга (рис.1), возможность передавать сообщения с установленной периодичностью оказывается неосуществимой [8].

СКОРОСТЬ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО КАНАЛАМ АИС

Принятый в АИС стандарт TDMA, как и для других случаев его применения, например в мобильной связи GSM, определяет, что текущее время разделяется на равные промежутки – кадры (frames). Длительность кадра – одна минута. Каждый кадр делится на 2250 равных промежутков времени, называемых интервалами, или слотами (от англ. slot или timeslot). Таким образом, длительность одного слота составляет 26,67 мс. Это именно то минимальное время, которое предоставляется одной станции АИС для передачи какого-либо сообщения и в течение которого остальные станции АИС должны молчать. При этом полезная информация передается только часть времени, занимаемого слотом. Значительная часть этих 26,67 мс занята передачей служебной информации, необходимой для правильного приема и обработки данных [1]. Это время, в течение которого передатчик выходит на установленную мощность, время передачи настроечной последовательности [4, 5], указатели начала и конца передаваемого сообщения, контрольная сумма [3], необходимая для доказательства того, что принятое сообщение соответствует переданному, а также так называемый буфер – промежуток времени, гарантированно отделяющий один слот от другого. На рис. 2 показано, какую часть времени слота занимает каждый из указанных промежутков.

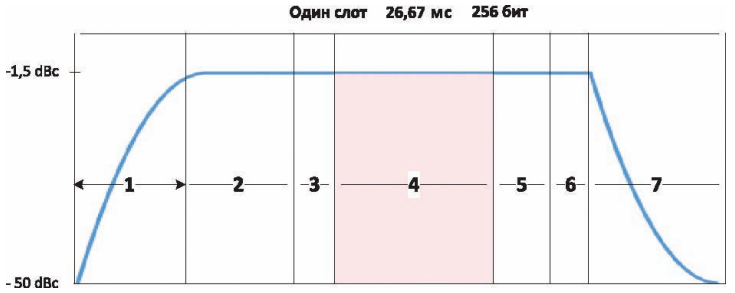


Рис. 2. ***Радиосигнал АИС при передаче сообщения, занимающего один слот*** *1 – нарастание сигнала 0,83 мс, 8 бит; 2 – обучающая последовательность 2,50 мс, 24 бита; 3 – флаг начала 0,83 мс, 8 бит; 4 – данные 17,50 мс, 168 бит; 5 – CRC-16 ,67 мс, 16 бит; 6 – флаг конца 0,83 мс, 8 бит; 7 – спад сигнала + буфер 2,50 мс, 24 бита*

На этом же рисунке длительность каждого временного промежутка указана не только в миллисекундах, но и в битах, при этом длительность одного бита $\tau \approx 0{,}1$ мс. Такая длительность обусловлена шириной полосы частот, выделенной для АИС.

Общая продолжительность передачи служебной информации составляет 9,17 мс, или 88 бит, данные передаются в течение 17,5 мс. В одном слоте может быть передано не более 168 бит. Большинство сообщений, передаваемых в

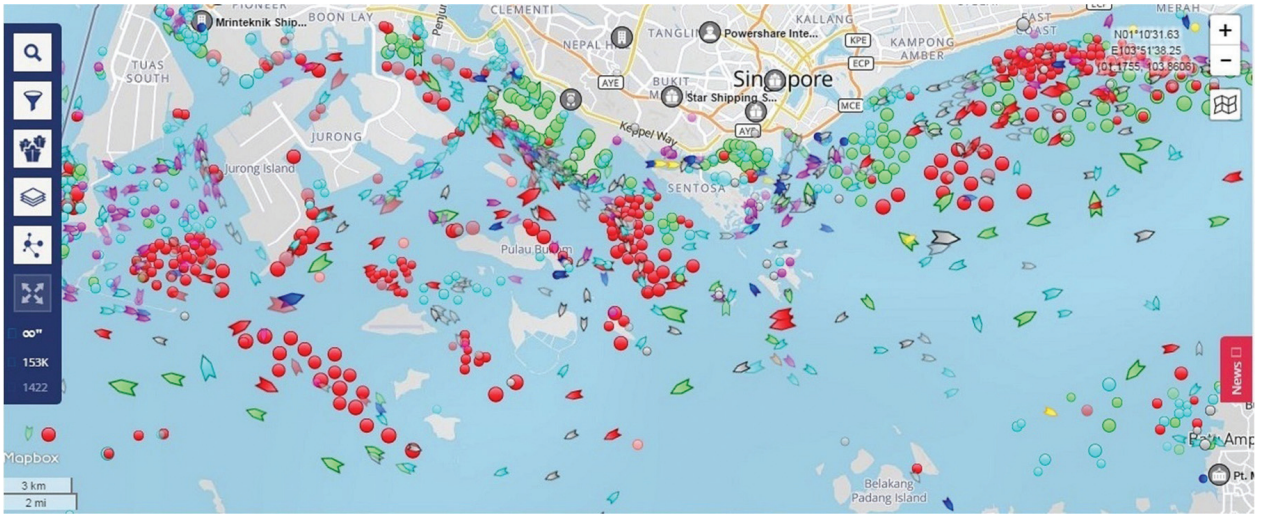


Рис. 1. ***Суда в южной части Малаккского пролива на подходах к порту Сингапур (www.marinetraffic.com)***

Таблица 1

Сообщения АИС, требующие для передачи более одного слота

Номер сообщения	Название	Описание	Число бит	t_1, мс	t_2, мс	Число слотов
5	Статические и рейсовые данные	Запланированный отчет о статических и рейсовых данных судна; (судовая аппаратура подвижной связи класса А)	424	44,17	53,33	2
6	Двоичное адресуемое сообщение	Двоичные данные для адресуемой связи	1008	105,00	114,17	5
8	Двоичное сообщение широкого вещания	Двоичные данные для широковещательной связи	1008	105,00	114,17	5
12	Адресуемое сообщение, связанное с безопасностью	Связанные с безопасностью данные для адресуемой связи	1008	105,00	114,17	5
14	Связанное с безопасностью сообщение широкого вещания	Данные, связанные с безопасностью для широковещательной связи	1008	105,00	114,17	5
17	Двоичное сообщение широкого вещания ДГНСС	Исправления ДГНСС, предоставляемые базовой станцией	816	85,00	94,17	4
21*	Отчет средств навигации	Отчет о статусе и местонахождении для средств навигации	360	37,50	46,67	2
26	Двоичное сообщение длительностью несколько интервалов с Режимом связи	Запланированная передача с двоичными данными (Широкого вещания или адресуемая)	1064	110,83	120,00	5

*Сообщение первого приоритета.

АИС, рассчитаны на передачу формализованных данных объемом 168 бит [1].

Некоторые сообщения содержат больше 168 бит. В этом случае для их передачи требуется более одного слота. В табл. 1 перечислены такие сообщения.

В табл. 1 число бит – максимальное количество полезной информации, подлежащей передаче в данном сообщении в соответствии с [1]; t_1 – промежуток времени, необходимый для передачи полезной информации; t_2 – промежуток времени, необходимый для передачи сообщения с учетом длительности однократной передачи служебной информации.

Независимо от длительности передаваемого сообщения служебную информацию требуется передавать в этом сообщении только один раз, поэтому для передачи сообщения даже из 1064 бит будет достаточно пяти слотов.

На рис. 3 показан радиосигнал, формируемый при передаче сообщения, занимающего два слота.

В этом случае полезная информация передается в течение 44,17 мс и может быть передано до 424 бит.

В настоящее время в некоторых районах океана складывается обстановка, при которой количество судов, одновременно находящихся в зоне действия АИС, настолько велико, что передача с предписанными интервалами только 168-битовых сообщений первого приоритета (табл. 2) заполняет все слоты. Это делает практически невозможной передачу сообщений, указанных в табл. 1. Например, в Малаккском проливе, в особенности на подходах к порту Сингапур, количество судов в зоне действия одной произвольно выбранной станции АИС доходит до 1500, при этом около половины всех судов пребывают в движении и маневрируют (см. рис. 1).

Элементарные расчеты показывают, что общая пропускная способность двух назначенных АИС частотных каналов по передаче, например, только сообщения о местонахождении, ограничена 750 судами, движущимися равномерно и прямолинейно со скоростями до 14 уз.

На рис. 1 показана реальная ситуация, при которой на подходах к порту Сингапур в зоне действия береговой станции АИС одновременно пребывают 1422 судна, из которых 813 показаны двигающимися. Это означает, что система АИС перегружена, и суда отправляют сообщения с бо̀льшими, чем это предусмотрено нормативами, интервалами. И это без учета судов, движущихся со скоростями более 14 уз, маневрирующих судов, судов, стоящих на якоре и швартовых и т.п. Очевидно, что для передачи сообщений из табл. 1, а также для обслуживания судов, не обеспеченных штатной пропускной способностью системы, СУДС приходится предпринимать организационные меры и управлять назначением слотов участникам судоходства, иногда ограничивая их захождение в установленные зоны. И хотя такая возможность в АИС предусмотрена, задачу повышения эффективности использования судов она не решает – суда вынуждены дожидаться назначения им слота на подходах к порту.

Рис. 3. ***Радиосигнал АИС при передаче сообщения, занимающего два слота***
1 – нарастание сигнала 0,83 мс, 8 бит; 2 – обучающая последовательность 2,50 мс, 24 бита; 3 – флаг начала 0,83 мс, 8 бит; 4 – данные 44,17 мс, 424 бита; 5 – CRC-16 ,67 мс, 16 бит; 6 – флаг конца 0,83 мс, 8 бит; 7 – спад сигнала + буфер 2,50 мс, 24 бита

Технически преодолеть указанные ограничения можно лишь путем увеличения числа бит полезной информации, передаваемой в одном или нескольких смежных слотах. Для этого существуют всего два пути. Первый связан с сокращением времени передачи одного бита, что требует соответствующего увеличения полосы частот, которую занимают несущие колебания. Второй путь – применение более сложных, чем это предусмотрено стандартом АИС, способов модуляции несущих колебаний. Автоматическая система обмена данными АСОД (англ. VDES – VHF Data Exchange System) предполагает использование возможностей, предоставляемых обоими путями [2].

УВЕЛИЧЕНИЕ ПОЛОСЫ ЧАСТОТ

В табл. 3 приведено существующее и планируемое распределение частот морской подвижной службы, назначенных для систем автоматической идентификации и обмена формализованными сообщениями в полосе ОВЧ (VHF) [6].

Решением Всемирной конференции радиосвязи, состоявшейся в Женеве в 2015 г. (WRC-15), для обмена данными между судами и береговыми станциями в дополнение к назначенным ранее каналам АИС (AIS1 и AIS2) назначены четыре канала для линии связи судно–берег VDE1-A и четыре канала для линий связи судно–судно и берег–судно VDE1-B. При этом четыре соседних канала могут быть объединены для создания единых каналов с полосой до 100 кГц. Это означа-

Таблица 2

Периодичность передачи судами сообщений 1, 2 и 3

Состояние судна класса А	Номинальный интервал передачи сообщения о местонахождении
Маневрирует со скоростью менее 3 уз, или стоит на якоре, бочке или швартовых	3 минуты
Маневрирует со скоростью более 3 уз и при этом сообщает, что стоит на якоре, бочке или швартовых	10 с
Движется со скоростью менее 14 уз	10 с
Движется со скоростью менее 14 уз и меняет курс	3,33 с
Движется со скоростью более 14 узлов, но менее 23 уз	6 с
Движется со скоростью более 14 узлов, но менее 23 уз и меняет курс	2 с
Движется со скоростью более 23 уз	2 с

Таблица 3

Частоты морской подвижной службы для АИС и АСОД

Наименование канала	Номер канала	Центральная частота, МГц	Полосы, назначенные для VDE решением WRC-15, ширина кГц	Линия связи	Полосы, назначение которых для VDE ожидается на WRC-19, ширина кГц	Линия связи
AIS LR1 / AIS3	75	156,775	25	судно - спутник		
канал бедствия	**16**	**156,800**				
AIS LR2/AIS4	76	156,825	25	судно - спутник		
350 кГц						
VDE1-A / SAT Up3	1024	157,200	100	судно - берег	150	судно - спутник берег - спутник
VDE1-A / SAT Up3	1084	157,225				
VDE1-A / SAT Up3	1025	157,250				
VDE1-A / SAT Up3	1085	157,275				
SAT Up3	1026	157,300				
SAT Up3	1086	157,325				
4 450 кГц						
VDE1-B / SAT DL	2024	161,800	100	судно - судно берег - судно	150	спутник - судно спутник - берег
VDE1-B / SAT DL	2084	161,825				
VDE1-B / SAT DL	2025	161,850				
VDE1-B / SAT DL	2085	161,875				
SAT DL	2026	161,900				
SAT DL	2086	161,925				
ASM1 / SAT Up1	2027	161,950	25	судно - судно судно - берег берег - судно судно- спутник		
AIS1	2087	161,975	25			
ASM2 / SAT Up2	2028	162,000	25			
AIS2	2088	162,025	25			

ет, что количество информации, которое может быть передано в единицу времени, только за счет увеличения выделенной полосы увеличивается в четыре раза. Хотя статья посвящена лишь наземным линиям связи (VDE-TER), представляется необходимым отметить, что на предстоящей Всемирной конференции радиосвязи, планируемой на 2019 г., предполагается назначение еще четырех каналов для реализации широкополосных, до 150 кГц, линий связи со спутниками (VDE-SAT), по два канала для линии вниз SAT DL и линии вверх SAT Up3.

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ МОДУЛЯЦИИ

В используемом в АИС способе модуляции – гауссовская частотная модуляция с минимальным сдвигом (GMSK, Gaussian Minimum Shift Keying) –передается один бит информации одним модулирующим символом. При реализации АСОД предусматриваются более сложные схемы модуляции, при которых в каждом модулирующем символе больше одного бита. Для наземных линий связи (VDE-TER, т.е. судно–судно, берег–судно и судно–берег) предполагается применение одного из трех видов модуляции: π/4QPSK, 8PSK и 16QAM (табл. 4) [2, 7].

Таблица 4

Схемы модуляции и кодирования для наземных линий связи АСОД

Схема модуляции и кодирования	Модуляция
MCS-1	π/4 QPSK
MSC-3	8PSK
MSC-5	16QAM
MCS – Modulation and Coding scheme	

Модуляция π/4QPSK. Простейшим способом фазовой модуляции является BPSK – двоичная фазовая манипуляция (англ. BPSK — binary phase-shift keying). В процессе модуляции значению бита 1 соответствует фаза 0, значению бита 0 – фаза π, при этом, очевидно, изменение значения бита смещает фазу несущего колебания на 180° (рис. 4).

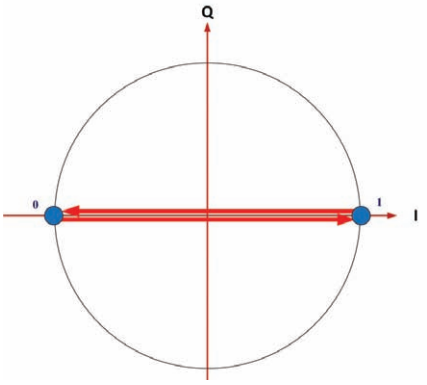


Рис. 4. ***Двоичная фазовая манипуляция BPSK:***
I – синфазная составляющая (от англ. Insync); Q – квадратурная составляющая (от англ. Quadrature)

Невзирая на то, что BPSK является одной из наиболее помехоустойчивых схем модуляции, применяется она нечасто, поскольку не увеличивает скорость передачи информации. Значительно чаще встречается QPSK – квадратурная фазовая манипуляция (англ. QPSK – Quadrature Phase Shift Keying, или 4PSK). Здесь каждой паре бит в соответствие ставится фаза 0, π/2, π или 3π/2, например (рис. 5):

значение пары 00 – 3π/2;
пары 01 – 0;
пары 10 – π;
пары 11 – π/2.

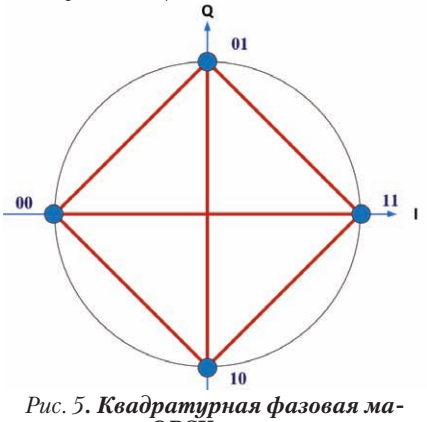


Рис. 5. ***Квадратурная фазовая манипуляция QPSK***

Очевидное достоинство такой модуляции – двукратное увеличение скорости передачи информации. Пара бит – а она в этом случае называется символом – передается вдвое меньшим количеством изменений фазы несущих колебаний, чем это требовалось в BPSK. Таким образом, при той же отведенной для передачи полосе частот в единицу времени можно передать вдвое больше информации.

Один из недостатков QPSK – необходимость изменения фазы несущих колебаний на 180°, возникающая при определенных ситуациях, в частности в случае, если соседними являются символы 10 и 01 или 11 и 00 (рис. 6). В табл. 5 показан пример модуляции QPSK последовательности из 16 бит. Заметно, что при переходах от символов номер 0 к символу номер 1 и номер 4 к номеру 5 возникает такое явление.

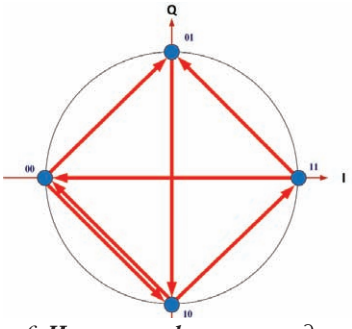


Рис. 6. ***Изменение фазы при модуляции QPSK для последовательности табл. 5***

При такой ситуации – изменение фазы сразу на 180° – амплитуда QPSK сигнала падает до нуля, что является негативным эффектом [8]. Этого недостатка лишена рекомендованная для использования в АСОД модуляция π/4QPSK (MCS-1, см. табл. 4). Основное отличие от QPSK состоит в том, что для каждого символа (пары бит) определяется четность его номера в символьной последовательности, и в зависимости от его четности фаза изменяется либо со сдвигом на π/4, либо без него (рис. 7).

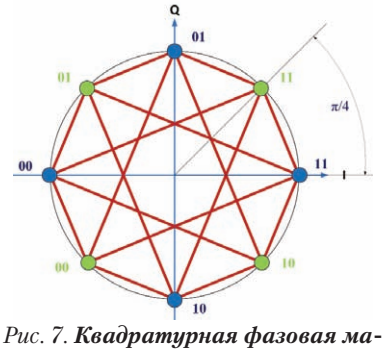


Рис. 7. ***Квадратурная фазовая манипуляция со сдвигом π/4QPSK***

В табл. 6 и на рис. 8 показано изменение фазы для той же последовательности при модуляции π/4QPSK.

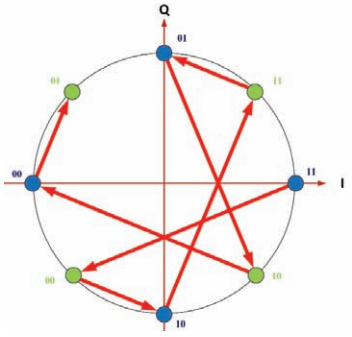


Рис. 8. ***Изменение фазы при модуляции π/4QPSK для последовательности табл. 6***

Таблица 5

Пример модуляции QPSK

Биты		Символы		QPSK	
Номер бита	Значение бита	Значение символа	Номер символа (пары бит)	Фаза без учета четности	Сдвиг фазы
0	**1**	**11**	0	90	
1	**1**				**180**
2	**0**	**00**	1	270	
3	**0**				90
4	**1**	**10**	2	180	
5	**0**				90
6	**1**	**11**	3	90	
7	**1**				90
8	**0**	**01**	4	0	
9	**1**				**180**
10	**1**	**10**	5	180	
11	**0**				90
12	**0**	**00**	6	270	
13	**0**				270
14	**0**	**01**	7	0	
15	**1**				

Заметно, что изменения фазы сразу на 180° не требуется.

Модуляция 8PSK. Дальнейшее увеличение скорости передачи информации связано с применением модуляции, при которой одним символом обозначается состояние трех соседних бит. Для применения в АСОД рекомендована *8PSK* (MCS-3, см. табл. 4), констелляционная диаграмма которой представлена на рис. 9.

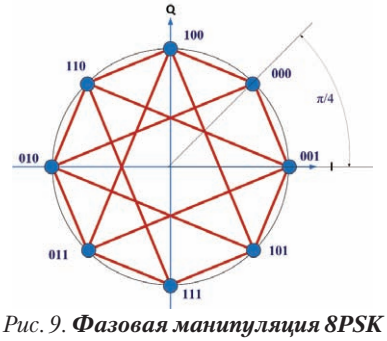


Рис. 9. ***Фазовая манипуляция 8PSK***

Изменение фазы несущего сигнала происходит на величину, кратную π/4.

Модуляция 16QAM. Обозначение одним символом четырех соседних бит методами только фазовой манипуляции осложняется необходимостью применения малого шага изменения фазы – *π/8*. При таком сдвиге фазы распознавание символа в условиях помех становится затруднительным, и в этом случае прибегают к использованию еще одного идентифицирующего символ признака – изменению амплитуды несущего сигнала. Такая модуляция называется КАМ – квадратурная амплитудная модуляция (англ. Quadrature amplitude modulation, QAM). Для применения в АСОД рекомендована 16QAM (MCS-5, см. табл. 4), констелляционная диаграмма которой представлена на рис. 10.

Минимальный сдвиг фазы при *16QAM* составляет π/6, амплитуда имеет три уровня – 1; 0,73 и 0,27.

Таблица 6

Пример модуляции π/4QPSK

Биты		Символы			π/4 QPSK	
Номер бита	Значение бита	Значение символа	Четность символа (пары бит)	Номер символа (пары бит)	Фаза с учетом четности	Сдвиг фазы
0	**1**	**11**	Чет	0	90	
1	**1**					135
2	**0**	**00**	Нечет	1	225	
3	**0**					45
4	**1**	**10**	Чет	2	180	
5	**0**					135
6	**1**	**11**	Нечет	3	45	
7	**1**					45
8	**0**	**01**	Чет	4	0	
9	**1**					135
10	**1**	**10**	Нечет	5	135	
11	**0**					135
12	**0**	**00**	Чет	6	270	
13	**0**					45
14	**0**	**01**	Нечет	7	315	
15	**1**					

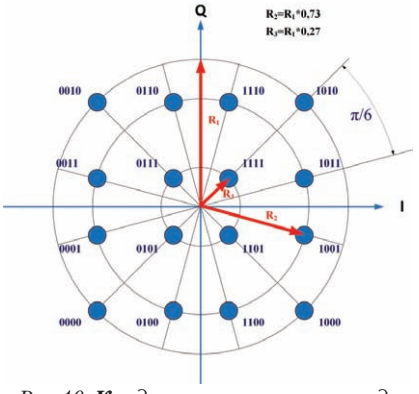


Рис.10. ***Квадратурная амплитудная модуляция*** *16QAM*

СКОРОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ АСОД

Каждая из предусмотренных для АСОД схем модуляции и кодирования (см. табл. 4) может применяться во всех возможных для наземных линий связи VDE-TER полосах Δ*F* 25, 50 и 100 кГц (см. табл. 3). При этом, очевидно, ширина назначенной полосы определяет максимальную символьную скорость [7]: ΔF=25 кГц – символьная скорость V_{s25}=19,2 кбод; ΔF= 50 кГц – символьная скорость V_{s50}=38,4 кбод; ΔF=100 кГц – символьная скорость V_{s100}=76,8 кбод.

Зная символьную скорость V_s и длительность одного слота τ, которая и для АСОД продолжает оставаться равной 26,67 мс, можно определить число символов N, которые могут быть переданы в одном слоте:

N = V_s·τ: ΔF=25 кГц, V_{s25}=19,2 кбод, число символов N=512;

ΔF= 50 кГц, V_{s50}=38,4 кбод, число символов N=1024;

ΔF=100 кГц, V_{s100}=76,8 кбод, число символов N=2048.

В каждом слоте кроме информационных данных аналогично тому, как это реализовано в АИС, предусматривается передача служебной информации. На рис. 11 и в табл. 7 показан радиосигнал, формируемый аппаратурой АСОД для каждой из назначенных для VDE-TER полос.

Длительность передачи данных с контрольной суммой фиксирована и составляет ~ 23 мс, при этом в зависимости от назначенной полосы и, соответственно, достижимой символьной скорости, количество передаваемых информационных символов различно. В то же время длительность обучающей последовательности и идентификатор конфигурации состоит всегда из одного и того же количества символов, требующих времени для передачи тем меньше, чем шире назначенная полоса. Время, отводимое для формирования фронтов сигнала существенно меньше, чем в АИС, и составляет и для переднего (нарастание) и для заднего (спад) фронтов 0,42 мс независимо от назначенной полосы [7].

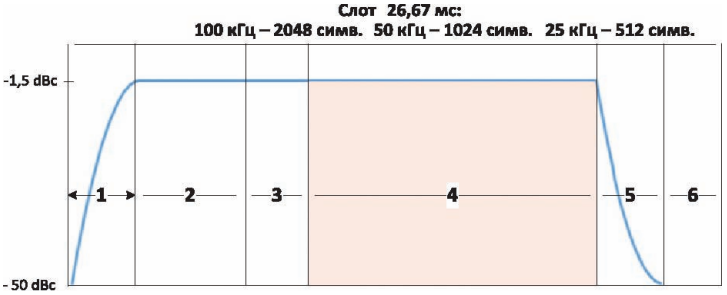


Рис. 11. ***Радиосигнал АСОД при передаче сообщения, занимающего один слот:***

$$N = \sum_{i=1}^{6} n_i \qquad \tau = \sum_{i=1}^{6} t_i$$

i	Наименование участка слота	ΔF=100 кГц		ΔF=50 кГц		ΔF=25 кГц	
		n_i	t_i, мс	n_i	t_i, мс	n_i	t_i, мс
1	Нарастание сигнала	32	0,42	16	0,42	8	0,42
2	Обучающая последовательность	27	0,35	27	0,70	27	1,40
3	Идентификатор конфигурации	16	0,21	16	0,42	16	0,83
4	Данные + CRC-32	1792	23,3	896	23,3	432	22,5
5	Спад сигнала	32	0,42	16	0,42	8	0,42
6	Буфер	149	1,94	53	1,38	21	1,09

Таблица 7

Число информационных бит в сообщении АСОД, передаваемом в одном слоте

Схема	CR	Число информационных бит в сообщении		
назначенная полоса, кГц		25	50	100
MCS-1	½	400	864	1 760
MCS-3	¾	940	1 984	4 000
MCS-5	¾	1 264	2 656	5 344

Таблица 8

Количество информационных бит в сообщении АСОД

Схема	Информационных бит в сообщении, передаваемом:								
	в одном слоте			в двух слотах			в трех слотах		
назначенная полоса, кГц	25	50	100	25	50	100	25	50	100
MCS-1	400	864	1 760	912	1 888	3 808	1 424	2 912	5 856
MCS-3	940	1 984	4 000	2 092	4 288	8 608	3 244	6 592	13 216
MCS-5	1 264	2 656	5 344	2 800	5 728	11 488	4 336	8 800	17 632

КОЛИЧЕСТВО ИНФОРМАЦИИ, ПЕРЕДАВАЕМОЙ В СООБЩЕНИИ АСОД

АСОД предусматривает кодирование информации, основным назначением которого является повышение качества распознавания принятого сообщения. Ограниченные рамки статьи не предполагают детального изложения предлагаемого для АСОД способа кодирования [5,7], поэтому мы остановимся только на том, что непосредственно влияет на скорость передачи информации.

Для каждой схемы модуляции и кодирования в [2, 7] указана соответствующая ей кодовая скорость *CR*, выраженная простой дробью [8]: количество информационных бит, указанное в числителе, соответствует общему числу бит во фрагменте, имеющем протяженность, указанную в знаменателе. Другими словами, ½ означает, что на каждые два бита приходится один информационный и один избыточный бит, ¾ означает, что в каждых четырех битах три бита информационных и один избыточный.

Таким образом, для того чтобы оценить, сколько полезной информации может быть размещено в сообщении, сформированном с использованием данной схемы модуляции и кодирования MCS и передаваемом в одной из назначенных полос 25, 50 или 100 кГц, необходимо определить:

1) общее количество символов в сообщении, зависящее от ширины назначенной полосы;

2) количество бит в сообщении, соответствующее количеству символов и зависящее от числа бит в одном символе, т.е. от способа модуляции;

3) количество бит служебной информации, содержащихся в сообщении (см. рис. 11), и зависящее от символьной скорости и способа модуляции;

4) количество бит, содержащихся в сообщении и не являющихся служебными;

5) количество информационных бит в сообщении, т.е. исключить из числа бит неслужебной информации те, которые не являются информационными – избыточные биты, число которых определяется кодовой скоростью, и контрольную сумму (табл. 7).

Аналогичные расчеты могут быть выполнены и для случаев, когда сообщение передается больше, чем одним слотом. При этом служебная информация

Таблица 9

Количество слотов, необходимых для передачи сообщений АИС по линиям VDE-TER в АСОД

ID сообщения	Число бит в сообщении	AIS	VDE-TER								
			MCS-1			MCS-3			MCS-5		
			25	50	100	25	50	100	25	50	100
5	42	4 2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1008	5	3	2	1	2	1	1	1	1	1
8	1008	5	3	2	1	2	1	1	1	1	1
12	1008	5	3	2	1	2	1	1	1	1	1
14	1008	5	3	2	1	2	1	1	1	1	1
1	7 8 1	4 6 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1 3 60	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
26	1064	5	3	2	1	2	1	1	1	1	1

так же, как и в АИС, передается только один раз. Результаты вычислений приведены в табл. 8.

Используя данные табл. 8, нетрудно дополнить табл. 1 и определить количество слотов, необходимых для передачи сообщений, которые в АИС требуют больше одного слота, для линий VDE-TER в АСОД. В табл. 9 цветом выделены ячейки, соответствующие ситуации, при которых для передачи сообщения требуется больше одного слота.

Например, сообщение 8, занимающее в АИС 5 слотов, в АСОД может быть передано в одном слоте при назначении полосы шириной 100 кГц при любой схеме модуляции и кодирования. И даже в тяжелых помеховых условиях, когда базовая станция АСОД назначает меньшие полосы и более помехоустойчивые схемы модуляции и кодирования MSC-1 и MSC-3, это сообщение требует не более трех слотов.

ПЛАН ВНЕДРЕНИЯ АСОД

Разработка стандарта АСОД ведется в рамках МАМС (IALA). На прошедшей в Париже в марте 2017 г. очередной конференции МАМС по проблемам е-Навигации ENAV-20 одним из наиболее обсуждаемых вопросов было дальнейшее совершенствование опубликованных в конце 2015 г. Рекомендаций МСЭ-R M.2092-0 [2]. Планом внедрения АСОД [7] предусматривается завершить ее тестовое использование в различных режимах к концу 2018 г., с 2019 г. начать повсеместное использование АСОД на линиях связи судно–берег, берег–судно и судно–судно, а с 2021 г. приступить к полномасштабному применению АСОД с использованием спутниковых линий связи (рис. 12).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные в статье способы повышения скорости обмена данными в полосе ОВЧ морской подвижной службы с использованием АСОД, а именно расширение полос, в которых передаются сообщения, и применение более сложных, чем в АИС, методов модуляции несущих колебаний, позволяют передавать бо́льшие сообщения за существенно меньшие промежутки времени.

В Стратегическом плане применения е-Навигации, принятом Международной морской организацией, осуществляемая МАМС разработка АСОД рассматривается в качестве одного из ключевых элементов е-Навигации [9]. АСОД наряду с NAVDAT названа основным способом связи ближайшего будущего, используемым для доставки Морских сервисов (MSP, Maritime Service Portfolios).

В соответствии с планами МАМС на очередной конференции по проблемам е-Навигации в сентябре 2017 г. ожидается одобрение и передача для опубликования в Международный союз электросвязи очередной версии документа МСЭ-R M.2092, в котором вопросы помехоустойчивого кодирования с упреждающей коррекцией ошибок будут рассмотрены с детализацией, позволяющей создавать и испытывать опытные образцы оборудования АСОД.

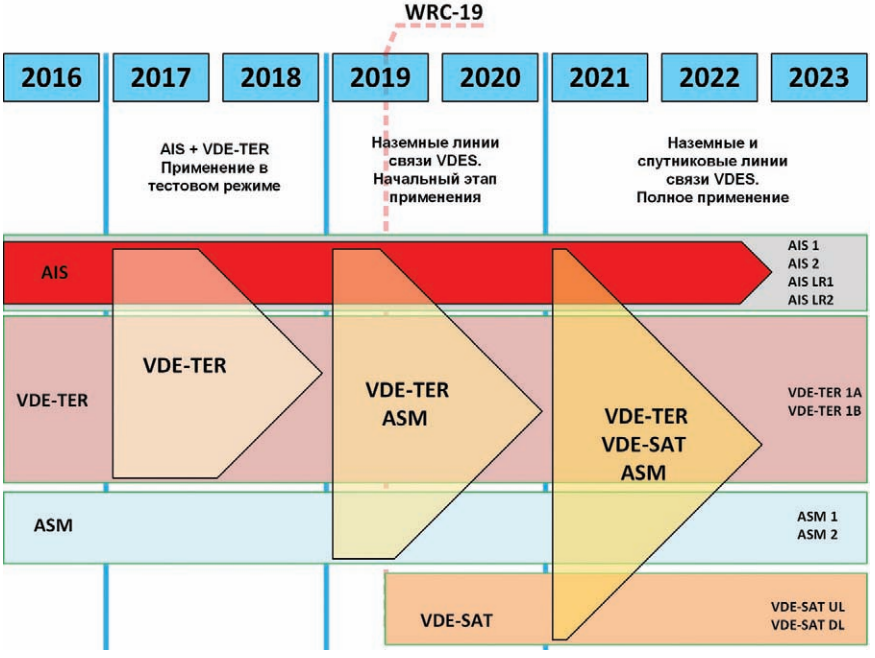


Рис. 12. ***План внедрения АСОД по материалам конференции ENAV-20***

ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендация МСЭ-R M.1371-5. Технические характеристики автоматической системы опознавания, использующей многостанционный доступ с временным разделением в полосе ОВЧ морской подвижной службы.
2. Рекомендация МСЭ-R M.2092-0. Технические характеристики для системы обмена данными в ОВЧ-диапазоне в полосе ОВЧ морской подвижной службы.
3. Recommendation ITU-T V.42 (03/2002) Series V: Data Communication over the Telephone Network – Error control – Error-correcting procedures for DCEs using asynchronous-synchronous conversions.
4. ETSI EN 302 583 (V1.2.1): Digital Video Broadcasting (DVB); Framing Structure, channel coding and modulation for Satellite Services to Handheld devices (SH) below 3 GHz.
5. TM Synchronization and Channel Coding. Recommendation for Space Data System Standards, CCSDS 131.0-B-2. Blue Book. Issue 2. Washington, D.C.: CCSDS, August 2011.
6. Report ITU-R M.2371-0. Selection of the channel plan for a VHF data exchange system.
7. Материалы конференции МАМС по вопросам е-Навигации ENAV-20, Париж, март 2017.
8. *Скляр Б.* Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение/ Пер. с англ.– Изд. 2-е испр. – М.: ИД Вильямс, 2004.
9. Draft e-Navigation strategy implementation plan, Annex 7.

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ МОСТИКОВЫЕ СИСТЕМЫ: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧИСЛЕННОГО МЕТОДА ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ

П.В. Голубев, *канд. техн. наук,*
инженер 1-й категории АО «НПФ «Меридиан»,
контакт. тел. (812) 602 0368

Построение высокоэффективных компьютерных моделей судов с различными способами динамического поддержания требует развития информационных технологий как на этапе создания замкнутых систем управления, так и на начальных стадиях проектирования и разработки систем, связанных непосредственно с совершенствованием моделей самих объектов автоматизации. Методологически правильное и обоснованное использование современных моделей судов как определенного класса подвижных объектов является, очевидно, необходимым условием для глубокого понимания сущности автоматизируемых динамических объектов, а также развития современных подходов, применяемых для математического анализа, синтеза, кардинального совершенствования принципов проектирования и эксплуатации судовых систем и судна в целом.

Анализ работ в области алгоритмизации и компьютерного моделирования систем управления судном как подвижным объектом свидетельствует о необходимости дальнейшего развития и совершенствования процессов алгоритмизации и поиска оптимальных законов функционирования объектов с исключительной ориентацией на широкое применение современных средств вычислительной техники.

Основываясь на практическом опыте выполнения научных исследований и разработок, проводимых АО «НПФ «Меридиан», было принято решение разрабатывать и совершенствовать автоматизированные системы управления, в частности, интегрированные мостиковые системы, которыми предприятие занимается с 1965 г. Данное изделие предназначено для повышения безопасности плавания, сокращения численности экипажа, снижения нагрузки на него, а также увеличения экономической эффективности судов. Важно то, что при разработке особое внимание уделено способам вывода уравнений динамики и построению моделей судов как подвижных объектов, подверженных внешним воздействиям. Модели представлены системами обыкновенных дифференциальных уравнений в различных системах координат. Общие нелинейные уравнения динамики пригодны для моделирования всех типов морских судов.

Отличие современных концепций автоматизации технологических процессов на судах морского и речного флота от предшествующих решений состоит в том, что их фундаментом являются чрезвычайно развитые информационные технологии. Основанные на технологических принципах многоцелевых программных структур, они позволяют на качественно новом уровне решать проблемы эффективного функционирования судов без существенных материальных и финансовых затрат, экономно использовать имеющиеся производственные ресурсы в период мирового финансового кризиса и различных экстремальных ситуациях. В условиях ограниченных ресурсов и нерегулярности обновления основного состава флота информационные технологии, реализующие алгоритмы и модели исследования операций, принципы принятия решений в условиях неопределенности, вариационные методы и модели поиска эффективных решений становятся наиболее пригодными для решения задач обеспечения конкурентоспособности отечественного флота на мировом рынке оказания транспортных услуг. Они образуют наиболее эффективный базис средств достижения практических результатов на каждом судне, в пароходствах, судоходных компаниях и на других предприятиях отрасли.

Работа флота в условиях конкуренции связана с постоянным поиском наиболее выгодных вариантов распределения различного вида ресурсов: финансовых, трудовых, товарных, технических и других. Важным техническим ресурсом, определяющим реальные сроки надежной и безопасной эксплуатации любого судна, является моторесурс главных двигателей – судовых ДВС – и ресурс судовых дизель-генераторных агрегатов (ДГА). В связи с этим АО «НПФ «Меридиан» начало разработку и производство комплексных диагностических инструментов, к которым относится переносной диагностический комплекс (ПДК), предназначенный для оценки технического состояния основных элементов дизель-генераторов 28ДГ и выдачи рекомендаций о техническом состоянии объекта при его комплексном техническом обслуживании. ПДК является средством углубленного контроля и диагностирования, служит источником дополнительной информации, необходимой для предупреждения внезапных отказов и уточнения объемов регламентного технического обслуживания ДГ. Действительный ресурс судовых ДВС в существенной мере определяется условиями их эксплуатации, которые характеризуются многообразными изменениями их режимов работы.

Повышенный расход моторесурса обычно наблюдается на неустановившихся режимах работы СЭУ, например, во время маневрирования при входе судна в порт, на швартовных режимах, при большой волне, движении судна во льдах и т. п.. К режимам с повышенным расходом ресурса относятся режимы пуска и остановки ДВС.

Важной эксплуатационной составляющей является время нахождения судна в рейсе. Минимальное время следования до порта назначения достигается за счет движения судна по всем участкам водного пути на максимально возможных (по техническим условиям) скоростях. Этот режим движения обеспечивается за счет максимально возможного потребления топлива в рейсе. Иначе говоря, максимальное быстродействие связано с максимальными затратами энергии на управление.

В настоящее время расходы на дизельное топливо составляют более половины всех расходов на содержание судна в рейсе. Поэтому прибыль, получаемая от работы судна в рейсе, зависит от эффективности использования топлива как ресурса. В условиях рынка время следования судна до порта назначения должно задаваться с учетом получения прибыли за счет снижения издержек и, прежде всего, их топливной составляющей. Нелинейный характер зависимостей часового расхода топлива СЭУ от скорости хода судна и путевых условий предопределяет ходовое время как основной ресурс, влияющий на суммарное потребление топлива в рейсе. С образованием резерва ходового времени можно получить значительную экономию топлива в каждом рейсе, без уменьшения объемов транспортной работы.

На сегодняшний день АО «НПФ «Меридиан» готовит обновленную версию интегрированной мостиковой системы, одна из особенностей которой – обновленное программное обеспечение, направленное в том числе и на решение описанных выше оптимизационных задач.

Ниже приводится алгоритм оптимизации режимов движения судна путем распределения времени движения (основного ресурса) по процессам (участкам пути с различными путевыми условиями). Алгоритм основан на использовании функций инструментариев Optimization Toolbox и Spline Toolbox среды MatLAB. Исходные данные задаются для получения расходных характеристик судна, движущегося по водному пути 162,5 км с изменяющимися путевыми условиями. Путь разделен условно на три участка: 51,4 км, 68,7 км и 42,4 км. Минимально допустимое время рейса 12,36 ч., максимальное – принято равным 16,25 ч. Расчеты выполнены по девяти точкам расходных характеристик на каждом из трех участков пути.

Вычислительный алгоритм содержит следующие операции: формирование матриц исходных данных, построение сплайнов, введение ограничений на переменные состояния lb=Tmin' и ub=Tmax', операцию численной оптимизации в цикле с шагом delt, графические построения. Операция оптимизации реализуется с помощью функции *fmincon* . Критерий качества представлен функцией *L* согласно синтаксису оператора *fmincon*.

Результаты расчетов отражены на рисунках, приведенных ниже. На рис. 1 содержатся графики ходового времени на трех участках как функции времени нахождения судна в рейсе, соответствующие наиболее экономичному режиму. Представленные зависимости на рис. 2 соответствуют наименьшему суммарному расходу топлива в рейсе как функции ходового времени. Заметим, что функция $L(t)$ может использоваться для планирования расхода топлива в рейсе, а также для оценки эффективности использования топлива как ресурса в процессе эксплуатации СЭУ и судна в целом.

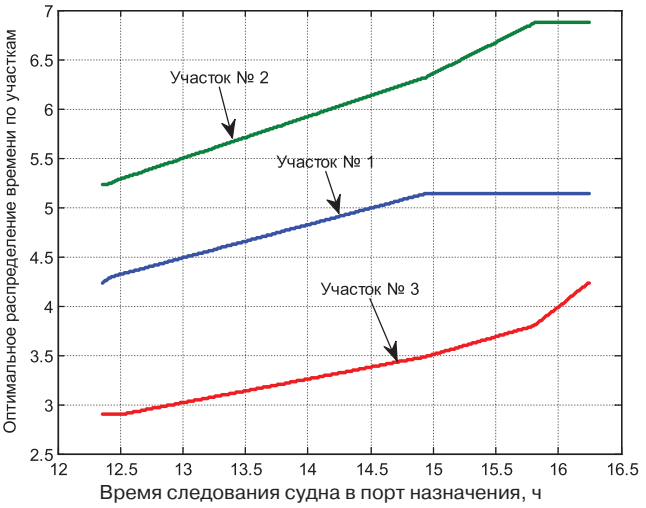


Рис. 1. ***Распределение ходового времени по трем участкам в рейсе***

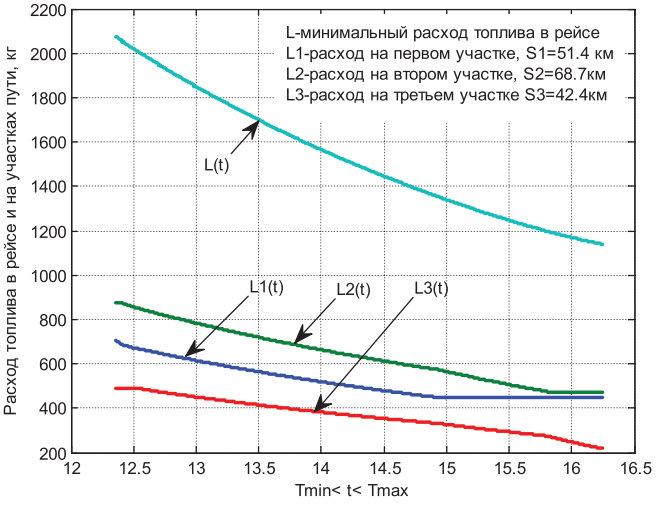


Рис. 2. ***Экономичный режим движения судна***

ЛИТЕРАТУРА

1. *Веремей Е.И., Корчанов В.М., Коровкин М.В., Погожаев С.В.* Компьютерное моделирование систем управления движением морских подвижных объектов.- СПб.: НИИ Химии СПбГУ, 2002. – 370 с.
2. *Кондратьев С.И., Лицкевич А.П.* Обобщение задачи стабилизации судна на траектории контуром информационной системы управления с применением принципа максимума.– Мат-лы Второй региональной науч.-техн. конф. «Проблемы технической и коммерческой эксплуатации и модернизации транспорта», 14–16 июня 2001 г., Новороссийск, 2001, с. 67–73.
3. *Петров Ю.П.* Оптимальные регуляторы судовых силовых установок (Теоретические основы). – Л.: Судостроение, 1966.
4. *Петров Ю.П.* Оптимизация управления систем, испытывающих воздействие ветра и морского волнения. – Л.: Судостроение, 1973. – 216 с.
5. *Фомин Г.П.* Математические методы и модели в коммерческой деятельности: Учебник.– М.: Финансы и статистика, 2001.– 544 с.
6. *Фомин Н.Н., Орлов А.Е.* Современные проблемы технической эксплуатации судовых силовых установок. –Тр. Международ. науч.-техн. семинара «Исследование, проектирование и эксплуатация судовых ДВС» /Под общей ред. О.К. Безюкова.– СПб.: ПаркКом, 2006, с.226–236.
7. *Голубев П.В., Севрюков А.С.* Управление подвижным объектом по заданной модели.– Тр VI Международ. конфер. «Анализ, прогнозирование и управление в сложных системах». – СПб.: СЗТУ, Факультет системного анализа и естественных наук, июнь 2005, с. 194–202. ■

РАЗРАБОТКА НОВОГО ОБЛИКА ИНТЕГРИРОВАННОЙ МОСТИКОВОЙ СИСТЕМЫ

К.А. Смирнов, *ген. директор,*
В.Г. Дзюба, *канд. техн. наук, зам. ген. директора по спецтехнике,*
П.Г. Федоров, *зам. ген. директора–директор департамента проектно-конструкторских работ,*
О.Н. Арбузов, *начальник отдела,*
АО «Морские навигационные системы»,
контакт. тел. (812) 320 3840

За последние два десятилетия в мировом кораблестроении наблюдается тенденция активного внедрения интегрированных мостиковых систем (ИМС). Их появление на мостике корабля позволило повысить эффективность работы должностных лиц ходового командного поста и функциональную совместимость оборудования с другими боевыми постами корабля.

Акционерное общество «МНС» является компанией-разработчиком и изготовителем корабельных ИМС.

Первая ИМС для ВМФ была создана в 2004 г. для корабля класса «корвет». В определении её облика и технических характеристик активное участие принимали специалисты профильного института ВМФ и ОАО «ЦМКБ «Алмаз».

ИМС имеет несколько модификаций и в настоящее время серийно поставлено более 30 комплектов для кораблей различных проектов (рис. 1).

Рис. 1. ***Внешний вид ИМС первого поколения***

Современная ИМС – это высоко интегрированная, проблемно-ориентированная система, которая обеспечивает доступ к системам наблюдения за окружающей обстановкой и корабельным системам управления техническими средствами, что позволяет осуществлять различные навигационные функции кораблевождения.

В 2012 г. введён в действие международный стандарт MSC.252, устанавливающий требования к техническим характеристикам интегрированной навигационной системы, в соответствии с которым к мостиковым системам предъявляются требования по наличию гармоничного человеко-машинного интерфейса, стандартизированной символики видеокадров, центрального регулятора освещённости, возможности централизованной установки настроек пользователя, наличию широкополосной магистральной сети передачи данных на основе резервируемой сети Ethernet, системы мониторинга работоспособности, построения программного обеспечения в виде распределённой системы.

С целью дальнейшего совершенствования ИМС АО «МНС» в 2015–2016 г. выполнило инициативную НИР «Мостик-2015». В настоящей статье приведены основные результаты этой работы.

При выполнении НИР «Мостик-2015» определялись пути совершенствования ИМС, создания нового дизайна пульта ИМС, развитию функциональной части программного обеспечения ИМС, сокращения времени получения и повышения качества восприятия информации для принятия решений командиром при управлении кораблем. Уделено внимание вопросам улучшения эргономики ИМС, уточнению состава задач для тренировочного режима ИМС, интеграции ИМС с комплексом связи.

Проведённый в рамках НИР «Мостик-2015» анализ существующих систем позволил определить следующие пути совершенствования ИМС, прежде всего отображения информации: повышение адаптивности приборов отображения; усовершенствование интерфейса «человек-машина» с целью исключения управления настройками программного обеспечения с помощью шарового манипулятора и клавиатуры, снижение перегруженности информационного поля многофункциональных дисплеев (рис. 2).

Были разработаны технические решения по замене разнородных встроенных приборов со статичной информацией на унифицированные приборы управления и индикации (УПУИ) с динамическими режимами отображения. Проработаны вопросы по реализации системы документирования ИМС и расширению состава задач тренировочного режима. Рассмотрена возможность удалённого режима управления ИМС с помощью выносного планшета командира.

В результате была предложена новая концепция построения ИМС: автоматизированное рабочее место (АРМ) ИМС строится как единый вычислительный комплекс с единой адаптивной системой управления и отображения информации.

Создан действующий макет АРМ командира корабля (АРМ-К) (рис. 3), который включает следующие приборы: прибор отображения электронной навигационной информационной системы (ЭКНИС) и управления тренировочным режимом (рис. 3, *1*); универсальные цифровые приборы, отображающие информацию или выполняющие функции приборов управления (*2* и *6*); универсальные индикаторы, отображающие информацию от сопрягаемых систем по выбору оператора или в соответствии с предустановленным режимом (*3–5*); приборы комплекса связи (*7* и *8*).

Особое внимание было уделено системе отображения информации и сокращению времени доступа к ее получению. Индикаторные устройства ИМС имеют большие возможности для отображения информации от сопрягаемых с ИМС систем в различном сочетании (рис. 4).

Графическая информация на дисплеях отображается в режиме основного окна без перекрытия окнами меню и окнами параметров. Все параметры отображаются отдельно на универсальных приборах индикации.

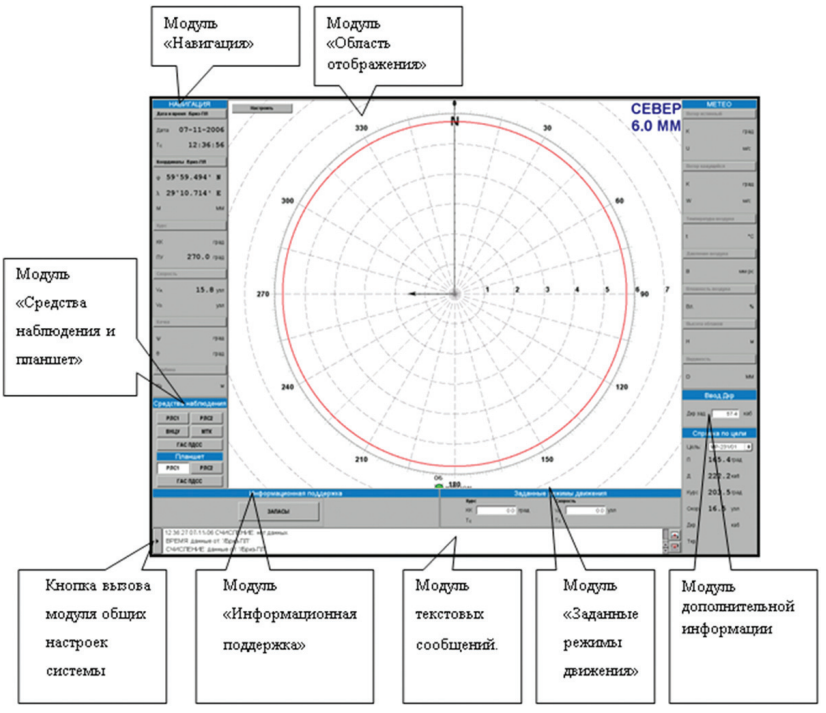


Рис. 2. ***Внешний вид основного видеокадра ИМС первого поколения***

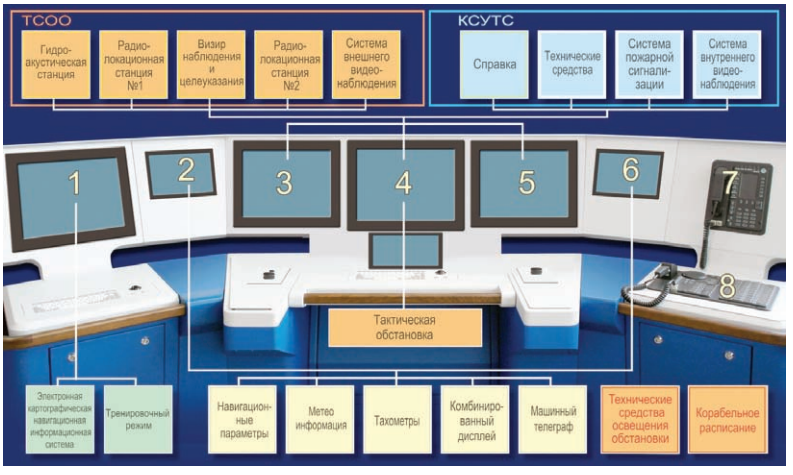


Рис. 3. ***Расположение приборов в АРМ-К и варианты их использования***

Рис. 4. ***Варианты отображения информации на мониторах АРМ ИМС***

Для управления ИМС разработана центральная панель, реализованная на основе сенсорного дисплея (рис. 5). Клавиатура используется только в технологических целях при проведении настройки и диагностики системы.

На сенсорной панели имеется пиктограмма устройств отображения, с помощью которой одним нажатием можно изменить отображаемую информацию для каждого дисплея. Также предусмотрена возможность группировать отображение информации в соответствии с предустановленными вариантами отображения («Режимы») в зависимости от условий плавания.

Панель управления (рис. 6) обеспечивает управление яркостью отображения всех экранов, также предусмотрен выбор режима автоматической регулировки яркости, при котором яркость экранов регулируется с помощью встроенного в пульт ИМС фотодиода. Кроме того, она позволяет и настраивает отображаемую информацию.

Кроме основной панели управления, встроенной в пульт, предусмотрено применение мобильного планшета командира (МПК), подключённого к ИМС по беспроводному интерфейсу (рис. 7). Планшет представляет собой сенсорную панель, защищённую от несанкционированного доступа, которая позволяет управлять ИМС дистанционно, с дублированием всех основных режимов основной панели управления.

Реализована функция «захвата изображения», когда на мобильный планшет можно вывести информацию с любого индикатора ИМС.

Для сокращения времени получения информации определены технические решения, которые позволяют для каждого проекта корабля заранее разработать оптимальное сочетание информации, отображаемой на каждом АРМ в зависимости от решаемой текущей задачи: постановка на якорь, прохождение узкости, плавание в ордере, полеты авиации и т. д. Данная заранее разработанная схема, привязанная к корабельному расписанию или к стандартной задаче, может с помощью одной команды оператора на сенсорной панели установить необходимый и достаточный совокупный интерфейс любого АРМ ИМС, отвечающий требованиям текущего момента. При этом полностью сохраняется возможность корректировки первоначально установленной информации с помощью минимального количества действий пользователя. Как показал опыт работы с действующим макетом ИМС, манипуляции оператора сокращаются в несколько раз, а отдельные, необходимые на существующих ИМС действия оператора просто исключаются.

Использование мобильного планшета командира (с возможностью конструктивной его фиксации в кресло) позволяет, не теряя времени на перемещение к встроенной в АРМ панели управления, оперативно выполнить команду управления или изменять ин-

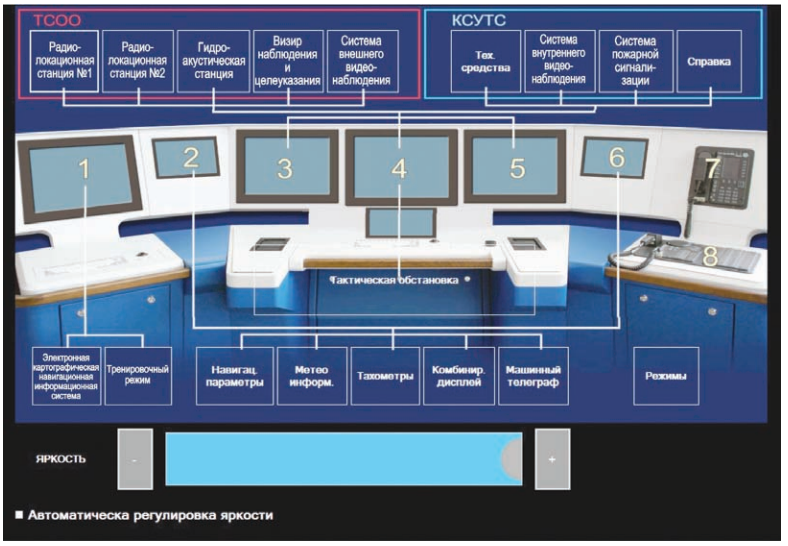


Рис. 5 ***. Внешний вид экрана панели управления АРМ ИМС в основном режиме***

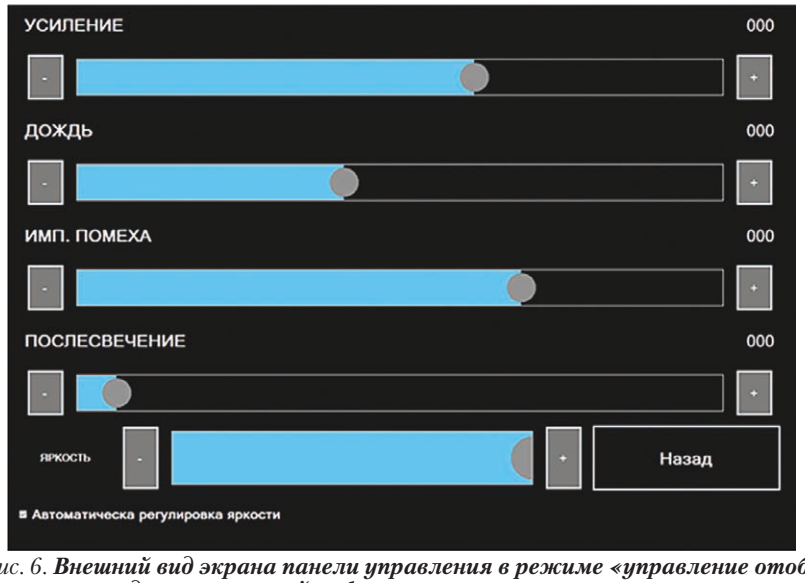


Рис. 6. ***Внешний вид экрана панели управления в режиме «управление отображением радиолокационной информации»***

Рис. 7. ***Внешний вид мобильного планшета командира***

терфейс отдельного монитора. Это не только удобно, но и эффективно для сокращения получения информации в критических ситуациях. Таким образом решается задача обеспечения командира корабля всей необходимой информацией с сохранением визуального контроля окружающей обстановки.

Для замены разнородных встроенных в ИМС приборов разработаны универсальные приборы управления и индикации (УПУИ). Они предназначены для полной функциональной замены отдельных приборов предыдущего поколения: командных приборов аварийных машинных телеграфов (АМТ), рулевого телеграфа (РТ), коммутатора сигнально-отличительных огней (КСОО), тахометров гребных валов (ТГВ), индикатора вытравленной якорной цепи (ИЦ-1).

Прибор выполнен в виде сенсорной панели с дополнительными аппаратными органами управления (рис. 8).

Рис. 8. ***Внешний вид прибора УПУИ в режиме основного меню***

В приборе УПУИ реализованы и комбинированные режимы работы с одновременным выполнением функций двух разных приборов предыдущего поколения, например, коммутатора сигнально-отличительных огней и рулевого телеграфа (рис. 9).

Рис. 9. ***Внешний вид прибора УПУИ в комбинированном режиме коммутатора сигнально-отличительных огней и рулевого телеграфа***

Приборы УПУИ могут также работать в режиме показывающих приборов. При этом возможны различные режимы отображения информации, например комплексное отображение всех навигационных параметров (рис. 10).

Управление режимами работы приборов УПУИ осуществляется с центральной панели управления ИМС или с пульта дистанционного управления, реализующее автоматическийвыбор

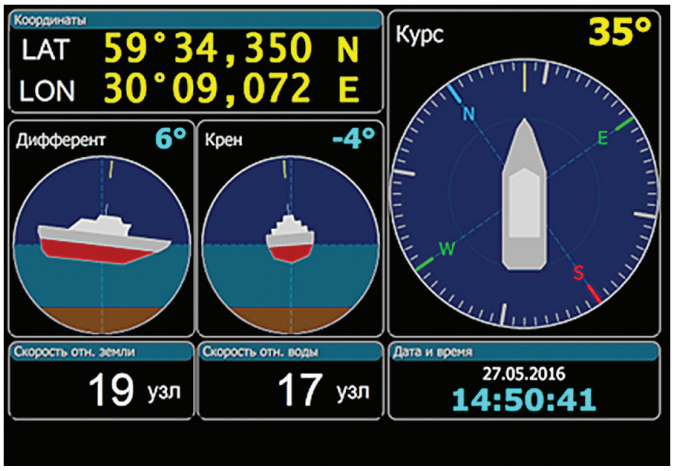


Рис. 10. ***Внешний вид экрана прибора УПУИ в режиме комплексного индикатора навигационной информации***

режима работы прибора с использованием предустановленных режимов работы ИМС в различных условиях плавания.

В НИР «Мостик-2015» проработаны вопросы комплексного тренировочного режима ИМС, реализуемого на стоянке корабля учения и тренировки расчета ходового мостика по обеспечению навигационной безопасности плавания и маневрирования в различных условиях окружающей обстановки, а также отработки действий при возникновении нештатных и аварийных ситуаций. При этом предусмотрена возможность проведения тренировок с разбором действий расчета ходового мостика в реальных ситуациях, ранее задокументированных в процессе плавания и полностью воспроизведенных в тренировочном режиме. Это крайне важная составляющая поддержания на должном уровне подготовки и компетенции офицерского состава.

Реализуется подготовка по отдельным элементам боевой подготовки, в том числе: плавание и маневрирование в ордере, переход в назначенный район, маневрирование при уклонении от столкновения, постановка на якорь, плавание в узкостях, визуальное опознавание с помощью технических средств освещения обстановки кораблей и летательных аппаратов, швартовные операции, маневрирование в процессе приема грузов на ходу, отработка действий по борьбе с подводными диверсионными силами и средствами и др.

Руководитель тренировки (командир, флагманский специалист) может оперативно включать вводные в сценарий, изменяя отдельные его элементы (параметры движения целей и самого корабля) или вводя нештатные ситуации (выход из строя технических средств и т. д.).

Тренировочный режим ИМС предусматривает возможность комплексирования с другими корабельными системами, имеющими аналогичные режимы, что позволит проводить мероприятия по всесторонней тренировке (слаживанию) экипажа корабля.

В НИР «Мостик-2015» проработаны совместные действия с перспективным комплексом связи ЗАО «ПКБ «РИО», что позволяет реализовать в ИМС все виды внутрикорабельной и внешней связи, в том числе и режима конференц-видеосвязи.

По нашему мнению, при проектировании перспективных ИМС необходимо учитывать технические решения, обозначенные в результате данной работы:

- наличие в ИМС собственной системы документирования информации;
- использование центральной панели управления АРМ ИМС на основе сенсорной панели;
- использование удалённой панели управления с беспроводным интерфейсом передачи данных;
- использование универсальных приборов управления и индикации вместо набора разнородных встраиваемых приборов и индикаторов;
- расширение объёма задач тренировочного режима ИМС, в том числе и на основе данных из системы документирования;
- разработать различные режимы отображения информации в зависимости от действий корабля (переход морем, стоянка на якоре, проход узкости, вход в базу, швартовка, приём вертолёта, приём топлива и грузов, приём плавсредства и т. д.) для обеспечения конфигурации всех средств отображения одним нажатием на панели управления.

Результаты НИР «Мостик-2015» позволяют начать проектирование в АО «МНС» ИМС нового поколения.

Универсальные приборы управления и индикации имеют большой потенциал в качестве самостоятельных изделий. Первая демонстрация (октябрь 2016 г.) такого прибора вызвала большой интерес у специалистов.

Интеграция с комплексом связи ЗАО «ПКБ «РИО» будет способствовать движению в направлении перехода от отдельных комплексов корабля к созданию многофункциональных интегрированных подсистем. Данное направление было задано в совместной работе предприятий оборонно-промышленного сектора холдинговой компании «ЭГО-Холдинг» в формировании совместных предложений по реализации подсистемы связи корабля.

Тренировочный режим ИМС может быть реализован в виде отдельного берегового тренажёра для подготовки командиров надводных кораблей и вахтенных офицеров.

Образец перспективной ИМС в виде АРМ-К с показом перечисленных выше новых функциональных возможностей АО «МНС» будет демонстрировать на выставке МВМС–2017 г. в 8-м павильоне «Ленэкспо» с 28 июня по 2 июля 2017 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Интегрированные мостиковые системы. Технические условия АЕМВ.466459.001 ТУ.
2. Интегрированная мостиковая система «Мостик-20385»: Руководство по эксплуатации АЕМВ.466459.001–01 РЭ.
3. *Lehmann Thomas.* Sailing the Ship: New Trends and Requirements to Boost Naval Ship Bridge Systems. – Naval Forces, 2016.

РЕАЛИЗАЦИЯ НАУЧНОГО И ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА АО «ГНИНГИ» НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ НАВИГАЦИОННО-ГИДРОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

А.Ф. Зеньков, *ген. директор АО «ГНИНГИ»,*
контакт. тел. (812) 322 2113

Государственный научно-исследовательский навигационно-гидрографический институт (АО «ГНИНГИ»), один из старейших институтов Министерства обороны, сформирован 10 марта 1939 г. в связи с принятием в СССР программы строительства океанского флота и необходимостью создания современных средств навигации и гидрографии для новых кораблей и судов, разработки методов использования этих средств, технологий выполнения гидрографических работ и составления морских карт.

Это предопределило всю дальнейшую деятельность института, направленную на развитие системы навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения (НГО и ГМО) военно-морского флота, совершенствование концептуальных подходов к использованию морских пространств и разработку соответствующих технологий в интересах обороны и экономики страны.

В 60–80-е гг. XX в. во взаимодействии с промышленностью институту удалось обосновать и решить ряд крупных научно-технических проблем, обеспечивших выход флота в океан, создание ракетно-ядерного флота, плавание подводных лодок подо льдами Северного ледовитого океана, а также изучение полей Мирового океана и проведение комплексных исследований Арктики. Были разработаны корабельные инерциальные навигационные системы (ИНС) и построенные на их основе навигационные комплексы, теоретически обоснованы и созданы спутниковые системы навигации, внедрены методы цифровой картографии и др.

Исторически правовая организационная форма реализации деятельности института менялась в соответствии с требованиями времени и условиями развития научных организаций.

В целях совершенствования организационных форм Министерства обороны РФ в 2009 г. Указом Президента РФ от 15.09.2008 г. № 1359 ГНИНГИ был преобразован в акционерное общество и включен в состав холдинга АО «Гарнизон», входящего в структуру Минобороны России. В интересах развития процессов управления и объединения в единый кластер компаний, занимающихся научно-теоретическими исследованиями, проектной деятельностью, производством и ремонтом аварийно-спасательной техники и морских средств навигации и океанографии в 2012 г. АО «ГНИНГИ» определено управляющей компанией АО «780 Ремонтный завод технических средств кораблевождения» (АО «780 РЗ ТСК»), АО «18 Специализированное конструкторско-технологическое бюро Военно-Морского Флота» (АО «18 СКТБ ВМФ») и АО «Спасательные комплексы и акватехника – 28 военный завод» (АО «СКАТ-28 ВЗ»).

Правовой статус АО «ГНИНГИ» как научно-исследовательской организации в структуре военно-научного комплекса Вооруженных Сил РФ, подтверждающий официальное признание и полномочия по сфере ведения, определяется положениями ряда документов.

Постановлением Правительства РФ от 19 июня 1994 г. № 711 институт определен головной научно-исследовательской организацией, ответственной за разработку и обоснование технической политики в области навигации, гидрографии, морской картографии, океанографического обеспечения обороны и экономики страны.

Устав института определяет, что общество осуществляет свою деятельность в первую очередь в интересах Вооруженных Сил РФ и государственных заказчиков.

Поскольку АО «ГНИНГИ» играет важную роль в навигационно-гидрографическом обеспечении морской деятельности государства, распоряжением Правительства России от 02.07.2014 г. № 1205-р институт включен в Перечень стратегически важных организаций РФ, обеспечивающих проведение государственной политики в соответствующей отрасли.

Институт – профильное научное учреждение в области навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения ВМФ и входит в перечень предприятий, осуществляющих военно-научное сопровождение создания военной техники ВМФ.

В целом на АО «ГНИНГИ» возложено решение общегосударственных научных и практических задач по обеспечению мореплавания, спасанию жизни человека на море, изучению и использованию Мирового океана.

Для решения указанных задач институт, опираясь на многолетний опыт и имеющийся научно-производственный потенциал, осуществляет свою деятельность в интересах Вооруженных Сил РФ, государственных и иных заказчиков по следующим приоритетным направлениям:

- научно-техническая поддержка деятельности органов государственного и военного управления в сфере полномочий Министерства обороны РФ по реализации национальной морской политики (по вопросам НГО);
- информационное обеспечение морской деятельности, создание и ведение банка океанографических данных;
- проведение комплексных морских научных исследований и инженерных изысканий;
- производство, сервисное обслуживание и ремонт морских средств навигации и средств навигационного оборудования, внедрение новых технологий и разработок в данной области.
- проектирование путей движения судов, систем навигационно-гидрографического обеспечения и средств навигационного оборудования морских районов;
- производство аварийно-спасательной техники и водолазного оборудования. Раскроем содержание обозначенных направлений

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО И ВОЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ В СФЕРЕ ПОЛНОМОЧИЙ МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ РФ ПО РЕАЛИЗАЦИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ МОРСКОЙ ПОЛИТИКИ (ПО ВОПРОСАМ НГО)

В рамках данного направления АО «ГНИНГИ» участвует в выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, цель проведения которых – создание и реализация опережающего научно-технического задела, гарантированно обеспечивающего безопасность и обороноспособность государства, высокую боеготовность вооруженных сил, а также создание конкурентных преимуществ в

морской экономической деятельности в ближне-, средне- и долгосрочной перспективе.

В области НГО и ГМО ВМФ на основе анализа современного состояния и опыта эксплуатации морских средств навигации и океанографии, а также оценки перспектив развития сил и средств флота, выполняются прикладные военно-технические и методические исследования и работы по обоснованию требований и основных направлений развития средств навигации, гидрографии, морской картографии, океанографии и гидрометеорологии в интересах обеспечения вооруженной борьбы на море и разработка соответствующих предложений в проекты технических заданий, программ вооружения и кораблестроения, разработка необходимых нормативно-технических и методических документов [1].

Важным направлением научно-технической поддержки являются исследования в интересах обеспечения объектов морской экономической деятельности. К ним можно отнести проектные работы в области навигационной безопасности мореплавания на подходах и акваториях портов, разработку систем навигационно-гидрографического и аварийно-спасательного обеспечения, создание технологий защиты морской инфраструктуры от опасностей техногенного происхождения, включая программы и комплексные технологии поиска, идентификации, подъема и утилизации подводных потенциально-опасных объектов. Эти наработки института неоднократно реализованы при строительстве объектов обустройства морских нефтегазовых месторождений на шельфе, а также при проектировании морских портов в Балтийском, Баренцевом, Карском морях и на побережье о. Сахалин.

В последние несколько лет институт принимает активное участие в новом для себя направлении: исследованиях и разработках, связанных с совершенствованием нормативной и законодательной базы морской деятельности. В частности, ГНИНГИ работал над проектом Морской доктрины РФ на период до 2030 г. [2], выполнял научное сопровождение подготовки и реализации законопроекта «О государственном управлении морской деятельностью Российской Федерации» [3], разработал ряд концептуальных и нормативных правовых документов в области аварийно-спасательного обеспечения.

В результате выполненных исследований научно обоснованы приоритетные направления развития и управления морской деятельностью РФ на ближайшую и дальнейшую перспективы.

В настоящее время в соответствии с решением Морской коллегии при Правительстве РФ и по заданию Минобороны России выполняются исследования по обоснованию совершенствования нормативной базы и документов стратегического планирования морской деятельности России на период до 2030 г.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, СОЗДАНИЕ И ВЕДЕНИЕ БАНКА ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Сбор, накопление, хранение, обработка и анализ информации по параметрам природной среды Мирового океана – одна из важнейших задач морской деятельности государства.

Для эффективного использования материалов исследований океанов и морей в интересах вооруженных сил в 1972 г. был создан Научно-исследовательский океанографический центр (НИОЦ) Министерства обороны, являвшийся частью единой общегосударственной системы сбора и обработки океанографической информации, основной задачей которого стало создание, ведение и использование информации Банка океанографических данных Министерства обороны (БОД МО). С 1988 г. НИОЦ функционирует в составе ГНИНГИ.

До начала 90-х гг. в центр ежегодно поступали материалы исследований экспедиций ВМФ, других морских ведомств страны, а также зарубежных организаций (по каналам международного научного обмена). В настоящее время, помимо работ Гидрографической службы (ГС) ВМФ, основными источниками пополнения БОД МО являются опубликованные данные отечественных и иностранных океанографических исследований, в том числе размещенные в сети Internet.

В 2011 г. БОД МО получил статус Федеральной государственной информационной системы (ФГИС) и зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (электронный паспорт № ФС-77110172 от 13.12.2011 г.) как ФГИС «Банк океанографических данных Научно-исследовательского океанографического центра Министерства обороны Российской Федерации». Операторами ФГИС определены Минобороны России и АО «ГНИНГИ».

С использованием Банка данных и современных средств вычислительной техники стало возможным на качественно новой основе решать многие задачи НГО и ГМО ВМФ. В НИОЦ разработаны новые виды гидрометеорологических пособий и специальных карт, оптимальные формы представления информации для потребителей, научно обоснованы и внедрены в практику методы обобщения и обработки океанографических данных.

К основным видам информационной продукции НИОЦ относятся:

- специализированные автоматизированные информационно-справочные системы на базе ГИС-технологий, включая интегрированные базы океанографических данных и электронные карты;
- электронные навигационно-гидрографические и гидрометеорологические описания морей России;
- специализированные информационно-справочные пособия, гидрометеорологические карты, а также профильные разделы в справочных пособиях и атласах, издаваемых ГС ВМФ.

Основное направление развития ФГИС «БОД» – наращивание объемов обрабатываемой информации и возможностей в решении задач по предназначению путем включения как новых типов данных (геофизических, гидрографических и др.), так и создания новых видов интегрированных баз данных и знаний, информационно-аналитических систем, других геоинформационных продуктов в интересах НГО и ГМО морской оборонной и экономической деятельности России.

ПРОВЕДЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ МОРСКИХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ

Существенная часть деятельности АО «ГНИНГИ» – проведение комплексных морских научных исследований. Наиболее значимыми проектами этого направления явились уникальные арктические экспедиции по обоснованию внешней границы континентального шельфа (ВГКШ) РФ в Арктике, проведенные в кооперации с другими мореведческими организациями по заказу Федерального агентства по недропользованию в 2010, 2011 и 2014 гг. на надводных судах под проводкой атомных ледоколов [4].

В ходе проведения экспедиций был выполнен большой объем работ по съемке рельефа дна многолучевым эхолотом, проведены комплексные геофизические работыметодом отраженных волн, гидрологические исследования (табл.).

По объему работ, выполненных в высоких широтах Северного Ледовитого океана, и количеству полученной информации, отвечающей мировым стандартам качества, результаты экспедиций значительно превышают показатели, достигнутые зарубежными учеными и специалистами. Впервые в мире были проведены комплексные гидрографические и геофизические исследования в тяжелых ледовых ус-

Таблица

Результаты арктических экспедиций

Виды работ	Выполненный объем работ, лин. км		
	2010 г.	2011 г.	2014 г.
Общая батиметрическая съемка	13 304	8 636,8	10 524,1
В том числе:			
- съемка рельефа дна на батиметрических профилях	9 300	6 151,8	–
- съемка рельефа дна на межгалсовых переходах	4 004	2 485,0	–
Сейсмическая съемка	760	6 151,8	8 970,1
Гравиметрическая съемка	Не проводилась	Не проводилась	10 136,1

ловиях по заранее запланированным прямолинейным галсам.

Материалы экспедиций включены в государственные информационные ресурсы и использованы при подготовке доработанного Представления Российской Федерации по границам континентального шельфа в Северном Ледовитом океане, поданного в 2015 г. в профильную Комиссию ООН. В настоящее время специалисты АО «ГНИНГИ» в составе российской делегации участвуют в работе Комиссии ООН по рассмотрению данного Представления.

На основе использования базы данных, включающей как результаты батиметрической съемки 2010 г., так и ретроспективную информацию, была создана цифровая модель рельефа морского дна российского сектора Центрального Арктического бассейна для определения и обоснования положения континентальной окраины (рис. 1).

АО «ГНИНГИ» участвует и в других экспедиционных работах. Так, например, в соответствии с решением Русского Географического общества по заказу Полярного фонда России с 27 сентября по 14 октября 2016 г. на НИС «Виктор Буйницкий» проведена экспедиция в районе предполагаемого места гибели в 1881 г. парусно-винтовой шхуны «Жаннетта» (Восточно-Сибирское море).

В сентябре–октябре 2016 г. группа специалистов института принимала участие в экспедиции «Кара-Лето» в районе ледников Северной Земли и Земли Франца-Иосифа, организованной ПАО «НК «Роснефть». Одной из задач экспедиции являлось изучение айсбергов, находящихся в районе исследований. В ходе работ была на практике отработана уникальная методика съемки подводных частей айсбергов с помощью многолучевого эхолота с целью определения их геометрических размеров и объема.

Среди значимых зарубежных проектов АО «ГНИНГИ» следует отметить исследования по российско-американской программе долговременного изучения Арктики «Русалка», направленные на изучение процессов водообмена Берингова и Чукотского морей и влияния арктических вод на структуру океанологических полей севера Берингова моря, а тихоокеанских – на структуру вод морей Чукотского и Бофорта. При этом наряду с исследованием гидрофизических и гидрохимических характеристик программа включает изучение характера донных осадков и особенностей биоценозов [5].

Долгосрочная цель проекта, в котором принимают участие ведущие российские и зарубежные мореведческие организации – детальный мониторинг индикаторов глобальных климатических изменений в Арктике.

В марте 2016 г. по заказу Норвежского Нефтяного Директората экспедиция ГНИНГИ на НЭС «Академик Федоров» выполняла работы по забору грунта методом глубоководного драгирования скальной драгой и проводила батиметрическую съемку и гидрологические исследования в районе о. Буве хребта Шака. Материалы выполненных работ получили высокую оценку заказчика.

ПРОИЗВОДСТВО, СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ МОРСКИХ СРЕДСТВ НАВИГАЦИИ И СРЕДСТВ НАВИГАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Значительный объем работ по сервисному обслуживанию и ремонту морских средств навигации и навигационного оборудования для ВМФ выполняет АО «780 Ремонтный завод технических средств кораблевождения».

В 60-х гг. XX в. бурное развитие океанского флота вызвало необходимость увеличения объемов и качественного изменения технологии ремонта штурманского вооружения кораблей, обеспечения флотов средствами обеспечения навигационной безопасности мореплавания.

Для решения этой задачи директивой ГШ ВМФ СССР на базе Штурманских мастерских Ленинградской военно-морской базы в 1969 г. был создан 780 РЗ ТСК, который стал головным предприятием ВМФ по ремонту морских средств навигаций (МСН). Специалисты завода обслуживали корабли всех флотов и флотилий ВМФ СССР.

В настоящее время АО «780 РЗ ТСК» остается единственным пред-

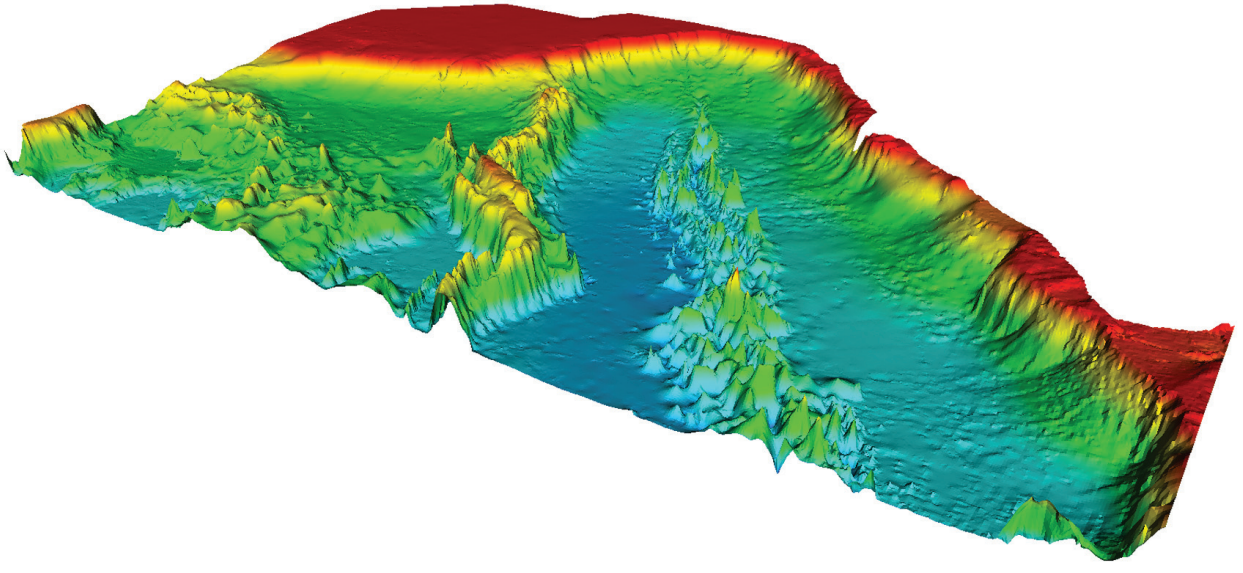


Рис. 1. ***Цифровая модель рельефа морского дна российского сектора СЛО, разработанная в АО «ГНИНГИ»-***

приятием на территории России, которое осуществляет ремонт практически любого корабельного навигационного оборудования – от простых секстанов до сложнейших навигационных комплексов, спутниковой навигационной аппаратуры, геофизических, гидрометеорологических приборов и океанографического оборудования.

Завод способен выполнить все виды ремонта и сервисного обслуживания МСН кораблей и судов ВМФ и обеспечить подразделения гидрографической службы ВМФ современными средствами навигационного оборудования.

Предприятие имеет богатейший опыт по успешному выполнению заказов в интересах Министерства обороны РФ, сотрудничая с ведущими предприятиями судоремонтной отрасли России.

В 2011–2015 гг. АО «780 РЗ ТСК» провело работу по созданию сети ремонтно-технических центров (РТЦ) в основных пунктах базирования ВМФ, что позволило осуществлять сервисное обслуживание и ремонт МСН надводных кораблей, подводных лодок, судов обеспечения, береговых частей ВМФ в пунктах их постоянной дислокации или временного захода при выполнении задач боевой службы.

Одним из направлений деятельности предприятия является разработка систем сопряжения для навигационных комплексов. Руководствуясь современными требованиями к оснащенности кораблей и судов ВМФ, в том числе несущих боевую службу в удаленных районах Мирового океана, новейшим навигационным оборудованием, АО «780 РЗ ТСК» предлагает потребителям собственную систему сопряжения аналоговых изделий радиоэлектроники предыдущего поколения и современных цифровых комплексов и систем.

Предприятие создало производство, базирующееся на собственных уникальных разработках, учитывающих передовой зарубежный опыт и отвечающих самым современным стандартам, рекомендованным Международной ассоциацией маячных служб (МАМС).

АО «780 РЗ ТСК» – разработчик и изготовитель широкой линейки средств навигационного оборудования, включающей в себя береговые знаки, морские буи (рис. 2), вехи, источники питания, светооптические аппараты на светодиодах с системой электроснабжения, а также современную систему мониторинга их бесперебойного функционирования в режиме реального времени.

В последние годы предприятие активно ведет разработку береговых и плавучих СНО, обеспечивающих навигационную безопасность работ на арктическом шельфе. Данные разработки

Рис. 2. ***Морские буи производства АО «780 РЗ ТСК»***

востребованы компаниями, ведущими геологоразведочные работы и работы по освоению шельфа в высоких широтах, характеризующихся сложными метеорологическими и ледовыми условиями, а также осуществляющими буксировки крупногабаритных объектов в узкостях.

АО «780 РЗ ТСК» успешно осваивает новые направления деятельности и уверенно выходит на рынок гражданского судоходства. Как сервисный агент предприятий – разработчиков и поставщиков современных морских и речных средств навигации предприятие успешно решает задачи обеспечения гражданского судоходства.

На заводе постоянно совершенствуется производственная база, ведется работа по повышению качества ремонта средств навигации и изготовления средств навигационного оборудования на основе передового отечественного и зарубежного опыта.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПУТЕЙ ДВИЖЕНИЯ СУДОВ И СРЕДСТВ НАВИГАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ МОРСКИХ РАЙОНОВ ДЛЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ БАЗИРОВАНИЯ СИЛ ФЛОТА

Проектирование путей движения судов и средств навигационного оборудования морских районов АО «ГНИНГИ» ведет в тесном взаимодействии с АО «18 СКТБ ВМФ», которое было основано в 1962 г. как основная государственная организация, ведущая разработку единых технологических, конструкторских и проектных решений по развитию портов и мест базирования кораблей ВМФ и судов гражданских ведомств.

Бюро обладает опытными высококлассными специалистами и необходимыми техническими средствами, использует современную международную и отечественную нормативные базы, что позволяет эффективно решать задачи проектирования любого уровня сложности.

Деятельность «18 СКТБ ВМФ» лицензирована и сертифицирована установленным порядком и имеет соответствующие разрешительные документы на выполнение проектных работ в области обеспечения безопасности мореплавания средствами навигационного оборудования как отечественного, так и иностранного производства в морях, омывающих побережье России.

Установлены деловые связи и поддерживается постоянное взаимодействие со многими проектными и подрядными организациями, занимающимися развитием морских портов и пунктов базирования сил ВМФ. Объекты проектирования, которыми занимается АО «18 СКТБ ВМФ», в соответствии с действующим законодательством после завершения их строительства передаются в государственную собственность для последующей эксплуатации и переходят в оперативное управление или хозяйственное ведение органов исполнительной власти обороны, транспорта и других государственных структур и ведомств.

За 55-летний срок АО «18 СКТБ ВМФ» разработало более 500 проектов навигационного оборудования морских портов в Российской Федерации и за рубежом (рис. 3). В настоящее время предприятие готовит производственную базу для разработки конструкторской и технологической продукции по заявкам соответствующих профилю заказчиков как государственного, так и коммерческого секторов.

ПРОИЗВОДСТВО АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ВОДОЛАЗНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Производство аварийно-спасательной техники и водолазного оборудования, продукции пожарно-технического назначения, средств обеспечения рейдовой стоянки кораблей и судов ВМФ осуществляет АО «СКАТ-28 ВЗ».

Рис. 3. ***Навигационный створ, построенный по проекту АО «18 СКТБ ВМФ»***

Завод был основан Директивой Главного морского штаба от 28 июля 1950 г. на базе судоремонтных мастерских Балтийского флота и на данный момент является единственным специализированным предприятием в системе Минобороны России по своей номенклатуре.

Завод производит по заказам ВМФ и потребителей из других ведомств следующие виды продукции:

– противопожарная техника: огнетушители, пенные генераторы, пожарные стволы и насосы;
– водолазная техника: барокамеры, рекомпрессионные станции, компрессоры, фильтры ВВД, водолазные ножи и пр. (рис. 4).

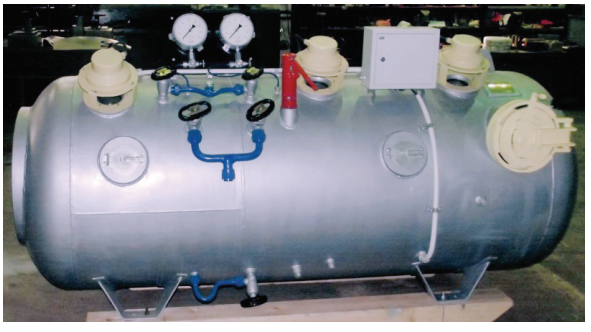


Рис. 4. ***Продукция АО «СКАТ-28 ВЗ»***

– аварийно-спасательная техника: раздвижные упоры, аварийные струбцины, пластыри, бугели, кабельные зажимы.
– навигационное и инженерное оборудование: буи, вехи, понтоны, рейдовые бочки, портовые знаки и пр.

АО «СКАТ-28 ВЗ» – это современное производство, обладающее передовыми технологиями, развитой конструкторской и материально-технической базой, позволяющими разрабатывать и изготавливать высококачественное оборудование, отвечающее самым жестким требованиям заказчиков.

Таким образом, обобщая изложенное необходимо отметить, что АО «ГНИНГИ» – единственная научно-исследовательская организация России, способная решать весь комплекс научных задач в области навигационно-гидрографического и гидрометеорологического обеспечения боевой и повседневной деятельности ВМФ, а также безопасности общего мореплавания.

Институт функционально интегрирован в структуру военно-научного комплекса Вооруженных Сил РФ и способен качественно и эффективно оказывать научно-техническую поддержку ведущихся в Министерстве обороны разработок.

Благодаря наличию научного потенциала, технической базы, производственных возможностей, кадровый состав АО «ГНИНГИ» и управляемых организаций способны в полном объеме и качественно реализовать научно-технические задачи, относящиеся к полномочиям Министерства обороны РФ в области НГО и ГМО морской деятельности государства.

Основой проводимых исследований и работ являются технологические инновации в области НГО и ГМО, которые позволяют решать важнейшие задачи научно-технической и инновационной политики для системного и технико-технологического совершенствования морской деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев С.П.* Инновационное развитие системы навигационно-гидрографического обеспечения – важный фактор реализации стратегии совершенствования морской деятельности Российской Федерации. – Тр. VII Росс. науч.-техн. конференции «НГО–2011». – Санкт-Петербург, 2011, с. 24–39.
2. Морская доктрина Российской Федерации. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_208427.
3. *Зеньков А.Ф., Исмаилов А.И.* Особенности формирования проекта Федерального закона «О государственном управлении отечественной морской деятельностью»//Морской вестник. – 2013.– № 4 (48). – С. 103–108.
4. *Алексеев С.П., Зеньков А.Ф., Глазко В.В.* Комплексные гидрографо-геофизические исследования второго этапа работ по определению и обоснованию внешней границы континентального шельфа Российской Федерации в Северном Ледовитом океане//Навигация и гидрография. – 2011. – № 32. – С. 31–37.
5. *Лаверов Н.П., Кеонджан В.П., Жданов М.А., Островский А.А., Лавренов И.В., Добротворский А.Н., Смолин В.М., Федоров А.А., Сиренко Б.И., Колдер Дж., Крейн К., Витледж Т.* Совместная российско-американская экспедиция «Русалка-2004». Цели, описание работ и основные результаты//Навигация и гидрография. – 2005. – № 20–21. – С. 54–64.

УЧЕТ СНЕГА ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПРИВЕДЕННОЙ ТОЛЩИНЫ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА

Е.М. Грамузов, *д-р техн. наук, проф. Нижегородского государственного технического университета,*
Б.П. Ионов, *д-р техн. наук, ученый секретарь АО «ОСК»,*
Н.Е. Тихонова, *канд. техн. наук, доцент Нижегородского государственного технического университета,*
контакт. тел. +7 (910) 399 6822, +7 (911) 091 1652, +7 (610) 878 9702

В природе практически не встречается ледяной покров, не покрытый снегом. Для сравнения ледопроходимости судов в ледовых условиях, отличающихся между собой толщиной льда и снега, удобно использовать приведенную толщину льда. Под этой величиной будем понимать условную толщину бесснежного ровного сплошного льда, при которой ледокол испытывает такое же ледовое сопротивление, как и при наличии снега на ледяном покрове.

Для получения расчетных зависимостей приведенной толщины льда вычислены ледовое сопротивление и сопротивление снега движению ледокола, учитывающие особенности формы его корпуса [1,2].

На примере речных ледоколов пр. Р47, 16, 1105, 1191 рассчитывалось суммарное сопротивление снега и льда для их различных толщин и скоростей движения судна. Расчетным образом подбиралась толщина бесснежного ледяного покрова при условии равенства полученной ранее величине суммарного сопротивления. Это и была приведенная толщина льда. Результаты выборочно приведены на рис. 1.

Следует заметить, что существует линейная зависимость, связывающая между собой толщины льда и снега и приведенную толщину льда $h_{пр}$:

$$h_{пр} = h + kh_{сн}. \qquad (1)$$

где k – коэффициент приведения толщины снега к толщине льда.

При расчетах коэффициента k использовался метод наименьших квадратов. Как видно из рис. 1, значение k зависит от толщины льда, скорости и проекта судна.

Графики зависимостей уменьшения коэффициента k от его значения при скорости, равной 0,5 м/с ($k_{v=0,5}$) до значения при текущей скорости судна k_v от скорости, толщины льда и проекта судна приведены на рис. 2.

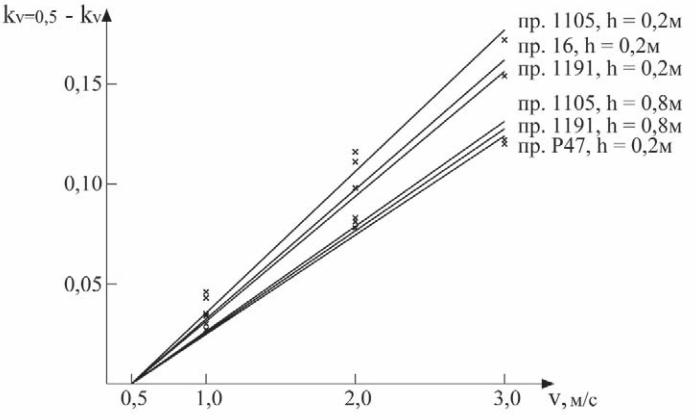


Рис. 2. ***Зависимости уменьшения коэффициента k***

Разность $k_{v-0,5} - k_v$ (см. рис. 2) существенно зависит только от скорости судна и практически не зависит от его проекта и толщины льда. Эту зависимость можно аппроксимировать линейной регрессией

$$k_{v=0,5} - k_v = a_0 + a_1 v$$

или $$k_v = k_{v=0,5} - a_0 - a_1 v.$$

Графики зависимостей коэффициента $k_{v-0,5}$ от толщины льда и проекта судна приведены на рис. 3.

Между толщиной льда и коэффициентом $k_{v-0,5}$ также существует линейная зависимость:

$$k_{v=0,5} = a_0 + a_1 h. \qquad (2)$$

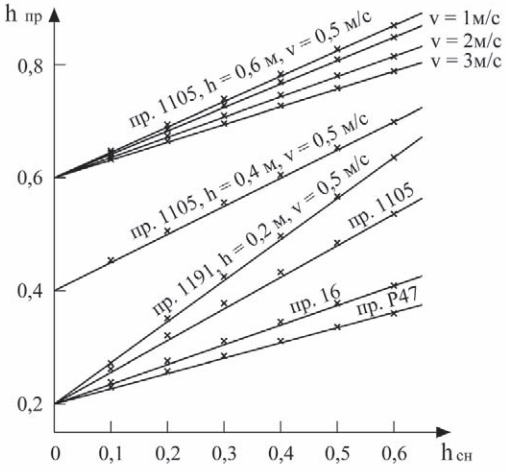


Рис. 1. ***Зависимости приведенной толщины от толщины льда и снега, скорости и проекта судна***

Коэффициенты a_0 и a_1 уравнения (2) различны для разных проектов судов. В качестве параметра, характеризующего проект судна, была принята площадь зоны облегания корпуса судна льдом $\Omega_л$. Такой выбор был сделан на основании анализа формул для расчёта сопротивления льда и снега. Лишь некоторые составляющие сопротивления льда движению судна, а именно сопротивление притапливанию льдин и гидродинамическая часть сопротивления, обусловленная сопротивлением воды движению льдин, зависит от $\Omega_л$. В то же время между $\Omega_л$ и величиной сопротивления снега существует прямо пропорциональная зависимость. Величина приведенной толщины льда зависит от того, какую долю составляет сопротивление снега от суммарного сопротивления. С увеличением $\Omega_л$ эта доля растет, и наоборот. В расчетной формуле для определения сопротивления снега не участвуют толщина льда и скорость судна, поэтому с ростом этих величин доля сопротивления снега от суммарного сопротивления уменьшается, приведенная толщина льда также уменьшается.

Графики зависимостей коэффициентов a_0 и a_1 уравнения (2) от $\Omega_л$ приведены на рис. 4. Из рис. 4 видно, что коэффициент a_0 линейно зависит от $\Omega_л$, а коэффициент a_1 практически от нее не зависит.

Таким образом, можно предложить зависимость для определения коэффициента приведения:

$$k = a_0 + a_1\Omega_л + a_2 h + a_3 v. \qquad (3)$$

Коэффициенты $a_0 - a_3$ определены с помощью метода наименьших квадратов.

Окончательно выражение (3) можно запивать в виде

$$k = 0{,}284 + 0{,}575\cdot 10^{-3}\Omega_л - \\ -0{,}164h - 0{,}048v. \qquad (4)$$

Учитывая, что площадь зоны облегания корпуса льдом в соответствии со схемой, принятой в [3, 4], приближенно равна площади конструктивной ватерлинии от носового перпендикуляра до конца цилиндрической вставки, ее следует вычислять по формуле

$$\Omega_л = \left(L_{из}\alpha_{нз} + L_{цв}\right)B,$$

где $L_{из}$ – длина носового заострения; $\alpha_{из}$ – коэффициент полноты носовой ветви КВЛ.

Ниже приведены значения $\Omega_л$ для проектов речных ледоколов:

№ проекта	$\Omega_л$, м²
P47	53
16	175
1105	482
1191	853

Формула (4) получена для толщин льда в диапазоне 0,2–0,8 м, толщин снега в диапазоне 0–0,6 м и скоростей движения судна в диапазоне 0,5–3 м/с. Шаг для вычисления коэффициента k составил: по толщине льда – 0,2 м; по толщине снега – 0,1 м; по скорости движения судна – 0,5 м/с.

Для оценки точности аппроксимации таблично заданной функции выражением (4) вычислены средние квадратичные отклонения σ значений коэффициента k, а также максимальные отклонения, взятые по модулю δ_{max}. Эти отклонения составили: σ = 0,017; δ_{max} = 0,055.

Логично предположить, что рассматриваемая выборка из генеральной совокупности может представлять всю совокупность, так как охвачены все проекты речных ледоколов, имеющие к тому же сильно отличающуюся друг от друга площадь зоны облегания судна льдом, все толщины льда, которые речной ледокол может преодолевать непрерывным ходом, а также толщины снега и скорости движения судна, реально встречающиеся на внутренних водных путях.

Максимальная возможная ошибка при вычислении эффективной толщины льда по предложенной формуле будет при толщине снега 0,6 м и составит 3 см, что не превышает точности натурных измерений. Разумеется, что точность расчетных значений определена по отношению к используемым

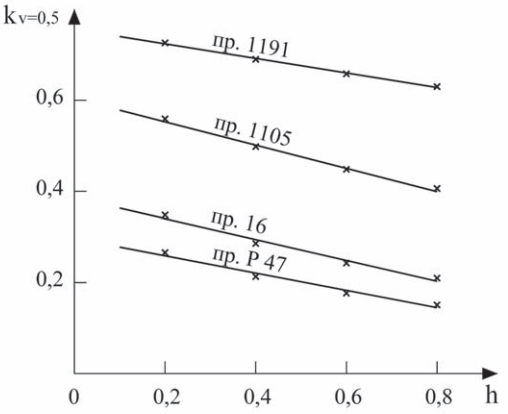


Рис. 3. ***Зависимости значения коэффициента k при скорости судна 0,5 м/с от толщины льда и проекта судна***

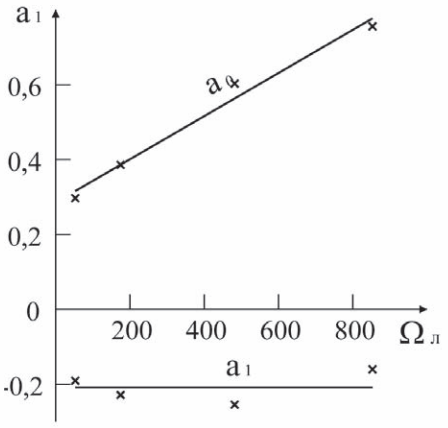


Рис. 4. ***Зависимости коэффициентов линейной регрессии (2) от площади зоны облегания судна льдом***

методам определения ледового сопротивления.

В качестве примера покажем значения коэффициентов приведения k для случая, когда приведенная толщина ледяного покрова равна предельной, преодолеваемой ледоколом с минимальной устойчивой скоростью 0,5 м/с. Расчеты выполнены для относительной толщины снежного покрова $h_{сн}/h$ = 0,5 (табл. 1). В табл. 1 также указаны значения относительной приведенной толщины льда $h_{пр}/h$ и предельных толщин льда, для которых проводились расчеты.

Таблица 1

Коэффициенты приведения в предельных льдах

№ проекта	P47	16	1105	1191
$h_{пр}$	0,35	0,35	0,75	0,75
k	0,26	0,34	0,42	0,68
$h_{пр}/h$	1,13	1,17	1,21	1,34

Анализ проведенных исследований показывает, что приведенная толщина ледяного покрова с учетом снега зависит не только от толщины льда и снега, но и от геометрических параметров ледокола и скорости его движения. Это можно объяснить различной ролью отдельных составляющих в общем балансе ледового сопротивления.

Наличие снега на ледяном покрове существенно увеличивает приведенную толщину льда, а следовательно, и полное ледовое сопротивление движению ледокола. Для приведенного в качестве примера расчетного случая движения речных ледоколов в предельных льдах коэффициент приведения снега колеблется в пределах 0,26–0,68, а приведенная толщина льда возрастает по сравнению с незаснеженным льдом в 1,13–1,34 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ионов Б.П. Грамузов Е.М.* Ледовая ходкость судов. – СПб.: Судостроение. 2001. – 512 с.
2. *Грамузов Е.М.* Сопротивление снега при движении ледокола//Проектирование средств продления навигации: Межвуз. сб ./ Горьков. политехн. ин-т. – Горький, 1986, с. 59–71.
3. *Зуев В.А., Грамузов Е.М.* Взаимодействие судов со льдом: Учеб. пособие/Горьков. политехн. ин-т. – Горький, 1988, 89 с.
4. *Зуев В.А.* Средства продления навигации на внутренних водных путях. – Л.: Судостроение, 1986. – 207 с.

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

А.Е. Козярук, *д-р техн. наук, проф.,*
Б.Ю. Васильев, *канд. техн. наук, доцент, зам. проректора,*
Санкт-Петербургский государственный горный университет,
А.И. Ивановский, *начальник сектора АО «Новая ЭРА», аспирант*
СПбПУ Петра Великого,
контакт. тел. (812) 303 8972

Российская Федерация занимает ведущее место в мире по добыче нефти и газа, а газотранспортная система нашей страны является крупнейшей в мире, обеспечивая транспортировку углеводородов с сибирских месторождений в страны Европейского Союза и продолжая работу в азиатско-тихоокеанском направлении [1–5].

Один из главных векторов развития мирового нефтегазового комплекса направлен на освоение месторождений углеводородов, расположенных на континентальных шельфах. Располагая самым большим по площади континентальным шельфом, Российская Федерации обладает крупнейшими запасами углеводородов. Для интенсивного, эффективного и безопасного освоения шельфовых месторождений углеводородов необходимо обеспечить опережающее технологическое развитие смежных отраслей промышленности, связанных с производством нефтегазового и электротехнического оборудования, нефтепромыслового морского флота, подводных технических средств освоения шельфа, а также научно-исследовательского, опытно-конструкторского и сервисного обеспечения.

Несмотря на некоторое объективное технологическое отставание сегодня, Российская Федерация всегда была лидером в освоении шельфовых месторождений углеводородов, и именно нашей стране принадлежат прорывные проекты мирового значения в этой области. Так, в августе 1945 г. первая в мире морская нефтяная платформа «Нефтяные Камни» начала бурение на континентальном шельфе Каспийского моря и уже в декабре добыла первую нефть. Построенная на металлических эстакадах платформа «Нефтяные Камни» представляет собой целый город в море и является самой большой платформой в мире. Несколько ранее, в 1937 г., платформа «Creole», принадлежащая компаниям Pure Oil и Superior Oil, начала бурение в прибрежной зоне штата Луизиана. Однако на выход в открытое море эта платформа не была рассчитана.

В настоящее время нефтегазовые компании нашей страны осваивают шельфовые месторождения арктических морей в экстремальных природно-климатических условиях. Например, платформа «Приразломная» эксплуатирует самое северное шельфовое месторождение углеводородов в мире. Пробуренная компанией Statoil в арктической зоне Северного моря нефтяная скважина Apollo оказалась «сухой». Также ранее «проиграла всухую» в соревновании освоения Арктики британская Cairn Energy, за два года потратив 600 млн. долл. на бурение, но так и не обнаружив нефти на шельфе Гренландии. Проигрывает и Shell, которая вложила уже более 5 млрд. долл. в шельф Аляски, но не смогла пока преодолеть технические трудности.

Тем не менее, несмотря на реализацию прорывных шельфовых проектов в прошлом и отчасти в настоящем, нефтегазовая промышленность Российской Федерации при освоении шельфовых месторождений арктических морей уже сегодня может начать испытывать технологический «голод».

Основные технические средства освоения шельфа нефтепромыслового морского флота Российской Федерации и потенциал промышленности по их производству. В настоящее время на мировом шельфе функционирует более 6000 платформ, из них около 4000 – в Мексиканском заливе, 950 – в Юго-Восточной Азии, 700 – на Среднем Востоке и примерно по 400 – в Европе и Западной Африке. Бурение и добыча осуществляются на глубинах более 2000 м. Шельфовую добычу углеводородов сегодня ведут 54 страны, включая и РФ. Несмотря на огромные пространства российского шельфа, в его водах реализуются всего несколько проектов, наиболее крупные из которых находятся в Охотском море на тихоокеанском шельфе, в Баренцевом и Печорском морях на арктическом шельфе и в Каспийском море.

Освоение шельфа Охотского моря осуществляется в несколько этапов. При реализации проекта «Сахалин-1» – первого этапа – используется плавучая платформа «Орлан». Все добываемые углеводороды транспортируются по трубопроводу на береговой комплекс подготовки. На другом месторождении проекта «Сахалин-1» установлена платформа «Беркут», специально построенная для работы в субарктических условиях. При реализации проекта «Сахалин-2» – второй этап – для бурения скважин используются три платформы гравитационного типа: «Пильтун-Астохская-А», «Пильтун-Астохская-Б» и «Лунская-А». Добытые углеводороды после сепарации и разделения транспортируются по системе морских и наземных трубопроводов на отгрузочный терминал нефти и завод по сжижению газа соответственно, через нефтеперекачивающую и газокомпрессорную станции. При реализации проекта «Сахалин-3» – третий этап – для бурения скважин применяются полупогружные буровые установки «Северное сияние» и «Полярная звезда».

На шельфе Печорского моря осуществляется освоение Приразломного месторождения. Основным техническим средством является морская ледостойкая нефтедобывающая платформа «Приразломная», устойчивая к повышенным ледовым нагрузкам, она обеспечивает продолжительную автономную работу и возможность круглогодичной эксплуатации подводных скважин. Для транспортировки добытых углеводородов используются танкеры ледового класса (рис. 1).

Освоение шельфа Карского моря началось с разведывательного бурения на месторождении Восточно-Приновоземельский-1, для чего используется платформа «Университетская-1», которая оснащена комплексом контроля ледовой обстановки и системой предотвращения столкновений с айсбергами.

Для освоения шельфа Баренцева моря, а именно для проведения буровых работ на Медынском месторождении, используется самоподъемная буровая платформа «Мурманская».

На шельфе Каспийского моря для освоения нефтегазового месторождения им. Ю. Корчагина используется плавучая полупогружная платформа ЛСП-1.

Как видно, нефтепромысловый морской флот России по своему объему и составу сильно уступает североамериканскому или восточноазиатскому.

В настоящее время в нашей стране основными производителями плавучих платформ являются следующие предприятия: ОАО «Производственное объединение «Севмаш» (входит в состав ОАО «Объединенная судостроительная корпорация») в Северодвинске, ОАО «Астраханское судостроительное объединение» (входит в состав

Рис. 1. ***Платформы «Приразломная» и «Арктическая»***

группы компаний «Каспийская Энергия») в Астрахани, ОАО «Выборгский судостроительный завод» в Выборге. Однако, как правило, эти предприятия строят только сами плавучие платформы, т. е. «поплавок», а все необходимое оборудование (буровое, добывающее, позиционирующее, навигационное, спасательное и т. д.) производится и устанавливается на российскую платформу на иностранных верфях. Например, технологическое оборудование на платформы «Северное сияние» и «Полярная звезда» устанавливалось компанией Samsung Heavy Industries на верфях в Южной Корее, а платформа «Университетская-1» является модернизированным вариантом платформы West Alpha, построенной в 1986 г. на верфи Nippon Kokan Koji Coporation в Японии по заказу норвежской компании North Atlantic Drilling.

Следует отметить, что до 1991 г. на территории нашей страны велось строительство плавучих буровых платформ на «100%» и «с нуля». Наглядный пример – серия платформ типа ППБУ-6000/200, в количестве семи штук, на которых было установлено самое передовое на то время технико-технологическое оборудование, например, в части энергетики и позиционирования платформы, бурового оборудования. Платформы подобного типа предназначались для освоения шельфа Каспийского моря, Дальнего Востока и северных морей (рис. 2).

На первом этапе производства первых платформ ППБУ-6000/200 ОАО «Выборгский судостроительный завод» изготовило основания плавучих платформ. На этих установках впервые в отечественном судостроении была реализована единая электроэнергетическая система напряжением 690 В. Для этого завод «Электросила» (г. Санкт-Петербург) разработал и изготовил генераторы ГСС-2000, электродвигатели, комплектные тиристорные преобразователи КТУ-1000 и системы автоматического управления всем оборудованием электроэнергетической системы. Комплектная буровая установка блочного исполнения была изготовлена на заводе «Уралмаш» (г. Екатеринбург). Окончательная сборка буровых платформ велась на заводе ОАО «Астраханское судостроительное производственное объединение». Впоследствии производство полностью было перенесено на верфи ОАО «Выборгский судостроительный завод» [6].

Испытания и эксплуатация буровых платформ такого типа в самых разных географических, геологических и природно-климатических условиях показали надежность и эффективность работы всех систем. Это подтверждает тот факт, что после модернизации они до сих пор эксплуатируются при освоении шельфа Каспийского моря. Например, платформа ЛСП-1 является модернизированным вариантом платформы «Шельф-7» проекта ППБУ-6000/200.

Парк подводных технических средств освоения шельфа в Российской Федерации и потенциал промышленности по их производству. Большая часть шельфа Российской Федерации находится в арктической зоне с экстремальными природно-климатическими условиями. Поэтому главные проблемы при освоении арктического шельфа – это сложная ледовая обстановка, а именно опасность айсбергов и отсутствие круглогодичного доступа плавучих технических средств к месторождениям, а значит, и отсутствие круглогодичной возможности их разведки и эксплуатации. Например, бурение с помощью платформы «Университетская-1» будет осуществляться в межледовый сезон (с августа по конец октября). В противном случае для круглогодичного бурения требовалось строительство на месторождении ледостойкой платформы. Понятно, что и первый, и второй вариант усложняют проект и приводят к его удорожанию. В этих условиях наиболее эффективными становятся подводные технические средства освоения шельфа: подводные трубопроводы, подводные буровые установки, подводные перекачивающие

Рис. 2. ***Платформа типа ППБУ-6000/200 «Шельф-4»***

комплексы, подводные комплексы подготовки углеводородов [7–10].

Мировые нефтегазовые компании, в том числе и российские, имеют большой опыт строительства и эксплуатации магистральных и промысловых подводных трубопроводов. Один из крупнейших подводных магистральных газопроводов «Северный поток», с помощью которого транспортируется российский природный газ в Германию в обход стран-транзитеров, соединяет города Выборг и Грайфсвальд. Подводные промысловые трубопроводы в Российской Федерации используются при освоении шельфа о. Сахалин, а в Европе, например, сеть подводных трубопроводов построена в Северном море между Норвегией и Великобританией.

Наибольший интерес для освоения арктического шельфа представляют подводные технические средства бурения разведывательных и добывающих скважин, а также средства сбора, подготовки и перекачки добытых на шельфе углеводородов по подводным трубопроводам без использования плавучих технических средств. Мировыми лидерами в области разработки и производства подводных технических средств различного назначения для шельфовых месторождений углеводородов являются норвежские компании FMC Technologies и Aker Solutions. Подводное оборудование и технологии разрабатывают также компании Siemens и MAN. Лидер же по использованию подводных технологий – норвежская нефтегазовая компания Statoil.

В настоящее время компания Statoil использует подводные технологии на нескольких месторождениях. В качестве примера можно привести месторождение Ormen Lange, расположенное в Баренцевом море и осваиваемое с 2007 г. В начале его освоения, на этапе бурения добывающих скважин, на каждом устье куста была установлена донная плита с буровыми окнами, на которую после заканчивания скважин куста был установлен подводный добывающий комплекс. Данный комплекс включает манифольд и весь необходимый комплекс трубно-крановой обвязки устья скважины для обеспечения безопасного извлечения углеводородного сырья. Внешний вид подводного добывающего комплекса представлен на рис. 3. Далее многофазовый поток углеводородов, состоящий из смеси углеводородов (нефть, газ и конденсат), песка и воды по 160-километровому подводному трубопроводу транспортируется на перерабатывающий комплекс, расположенный на острове вблизи Hammerfest, где происходит разделение и очистка углеводородов. После этого газ сжижается и подготавливается к загрузке в танкеры, а отделенный углекислый газ закачивается обратно в скважины.

Рис. 3. ***Подводный добывающий комплекс месторождения Ormen Lange (Баренцево море)***

На месторождении Tordis, расположенном в Северном море, компания Statoil при добыче углеводородов осуществляет подводную подготовку извлеченных углеводородов к дальнейшей транспортировке.

Помимо подводных технологий бурения и заканчивания скважин на шельфе, а также подводной сепарации углеводородов, важнейшим процессом является транспортировка добытого на арктическом шельфе сырья до берега. Для решения этих задач в подавляющем большинстве случаев используются танкерные суда. Однако на некоторых месторождениях арктических морей действуют подводные перекачивающие комплексы. Это позволяет вести круглогодичную эксплуатацию месторождений вне зависимости от ледовой обстановки. Например, на месторождении Asgard с 2013 г. эксплуатируются подводные перекачивающие комплексы, а на месторождении Ormen Lange планируется их установка к 2017 г.

Первый подводный комплекс мощностью 850 кВт был создан компанией General Electric и испытан в 1992 г. в заводских условиях. Сегодня такие комплексы разрабатывают ведущие электротехнические компании. В Норвегии была испытана установка MAN Hofim-type, а в 2009 г. проведены испытания компрессора Siemens ECO-II (рис. 4).

В настоящее время более чем на 130 морских месторождениях используются подводные технологии добычи углеводородов. В Российской Федерации первый добывающий комплекс установлен на шельфе Охотского моря в рамках обустройства Киринского месторождения, а в планах – их использование при освоении Штокмановского газоконденсатного месторождения.

Используемый на Киринском месторождении подводный добывающий комплекс обеспечивает эксплуатацию семи скважин, газ из которых поступает к манифольду – центральное звено комплекса. Добытый газ собирается на манифольде и затем по морскому трубопроводу транспортируется на береговой технологический комплекс без дополнительного компримирования под действием давления пласта. На береговом технологическом комплексе после подготовки к транспортировке газ направляется по 139-километровому газопроводу на головную компрессорную станцию газотранспортной системы «Сахалин–Хабаровск–Владивосток». Производителем подводного добывающего комплекса является компания FMC Technologies.

Механизмы интенсификации производства перспективных технических средств освоения шельфа и привлечения инвестиций в эту сферу промышленности, а также опыт развития лидеров в этой области. Как видно из проведенного анализа, у отечественных компаний есть опыт по кооперации и производству плавучих технических средств освоения шельфа, однако все достижения в этой области были достигнуты в других экономических условиях функционирования нашего государства. На сегодняшний день производство собственных законченных плавучих платформ не ведется. Однако технико-технологические наработки заводов, опыт ученых и спе-

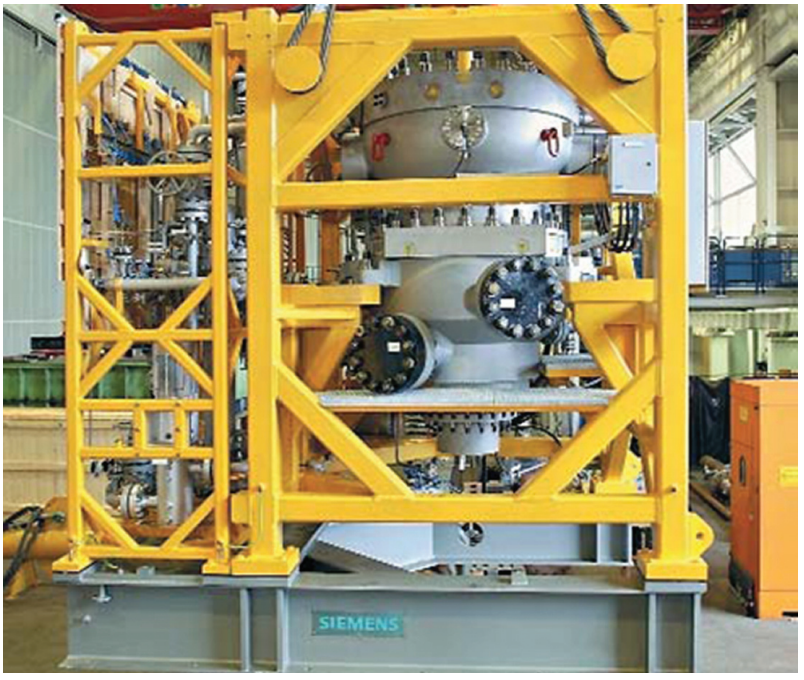


Рис. 4. ***Подводный перекачивающий комплекс ECO-II компании Siemens***

циалистов, принимавших участие в их разработке и производстве, для нашей страны является бесценным. Также внимание, уделяемое отечественными компаниями подводным технологиям, не соответствует их значимости и перспективности использования для освоения арктического шельфа Российской Федерации. Недоработки в обоих эти направлениях – серьезный вызов современной нефтегазовой отрасли страны.

Основными причинами отставания в области производства технических средств для освоения шельфа, такого соотношения нефтепромысловых морских флотов и парков, используемых подводных комплексов являются и сложность природно-климатических условий российских арктических морей, и большое число континентальных месторождений с относительно легко извлекаемыми углеводородами, разработка которых полностью покрывает и собственную потребность в углеводородах, и потребность стран-экспортеров. Однако главные причины, по которым сегодня не удается вести интенсивное строительство технических средств для разведки и добычи углеводородов на шельфе – это отсутствие необходимой эффективной научно-исследовательской, опытно-конструкторской, производственно-испытательной и организационно-финансовой инфраструктуры. Необходимо учитывать, что при решении проблем функционирования перечисленных элементов инновационной нефтегазовой инфраструктуры целесообразно не только опираться на отечественных участников, но и использовать положительный опыт иностранных компаний.

Для решения проблем, связанных с развитием образовательной, научно-исследовательской, опытно-конструкторской инфраструктуры и повышением ее эффективности, могут быть использованы ресурсы Национального научно-образовательного инновационно-технологического консорциума вузов минерально-сырьевого и топливно-энергетического комплексов, созданного с участием ведущих отраслевых вузов страны. Участники консорциума при поддержке российских нефтегазовых компаний могут удовлетворить все потребности отечественной нефтегазовой отрасти не только в подготовке высококвалифицированных специалистов и их переподготовке, но и в проведении НИОКР, а также в трансфере и адаптации иностранных технологий. Как показывает практика, при создании консорциумов и совместных предприятий отечественными и иностранными нефтегазовыми компаниями для реализации отдельных шельфовых проектов все импортируемые технологии не получают дальнейшего широкого распространения. Также трудности функционирования таких «союзов» могут создать и политические мероприятия правительств иностранных государств, что обычно влечет полную остановку шельфовых проектов в Российской Федерации с их участием. В то же время при сотрудничестве российских нефтегазовых компаний с Национальным консорциумом вузов выпускаемые ими специалисты и ученые будут иметь необходимые знания и навыки работы с современным внедряемым оборудованием и технологиями. Создание этого консорциума с учетом сегодняшних политических условий – весьма своевременно и перспективно.

В России функционирует целый ряд добывающих консорциумов отечественных и иностранных нефтегазовых компаний. Консорциум Sakhalin Energy Investment Company Ltd создан для реализации проекта «Сахалин-2» и включает компании ОАО «Газпром», Royal Dutch Shell, Mitsui и Mitsubishi. Другим примером является консорциум Exxon Neftegas Limited (входят компании ОАО «НК «Роснефть» и ExxonMobil), под управлением которого реализуется проект «Сахалин-1». Примером технологического зарубежного консорциума является объединение компаний FMC Technologies, Anadarko, BP, ConocoPhillips и Shell, которое преследует цель разработки нового поколения подводной техники, стандартизованной для решения типовых задач, возникающих при освоении шельфовых месторождений.

Производственно-испытательная основа нефтегазовой промышленности в части проектирования, строительства и испытания технических средств нефтепромыслового морского флота формируется ОАО «Объединенная судостроительная корпорация». Общая координация усилий государства по разработке, производству и испытанию как надводного флота, так и подводного парка технических средств освоения шельфа может обеспечить эффективное развитие и внедрение этих технологий.

Скорость развития и создания перспективных технических средств освоения шельфа и, следовательно, эффективность и безопасность шельфовых проектов в арктических морях определяют финансово-организационные условия и механизмы, обеспечиваемые правительствами стран, обладающих доступом к шельфу. Нет никаких сомнений, что при создании финансово-организационных условий и поддержке отечественных промышленных компаний они смогут обеспечить освоение российской части шельфа Арктики. При этом, конечно, необходимо изучать и учитывать опыт стран-лидеров в этой области. Одной из них является Норвегия, которая в 70-е и 80-е гг. прошлого века при практически нулевой технологической готовности путем привлечения иностранных инвестиций и технологий, смогла:

- обеспечить эффективное и безопасное освоение собственных шельфовых месторождений углеводородов;
- создать производственный потенциал и трансформировать его в крупную промышленность, производящую необходимые технические средства для освоения шельфа;

– обеспечить развитие и становление ведущих в мире производственных и сервисных нефтегазовых компаний;
– совершить экспансию на мировой рынок надводных технических средств и стать лидером в области разработок, испытания и внедрения подводных технических средств освоения шельфа.

Сегодня норвежский шельф Северного и Норвежского морей, по существу, являются глобальной «лабораторией» по разработке, производству и испытанию современных и перспективных технических средств освоения шельфовых месторождений.

Исследовательский совет Норвегии формулирует и координирует все отрасли промышленности, связанные с нефтегазовым комплексом. Финансирование Исследовательского совета осуществляет правительство Норвегии. Исследовательский совет обеспечивает сопровождение национально значимых проектов развития нефтегазовых технологий, например PETROMAKS (программа финансирования научных проектов нефтяного сектора), GASSMAKS (программа финансирования научных проектов газового сектора), DEMO2000 (программа финансирования развития новых нефтегазовых технологий и их коммерциализации), RENERGI (программа финансирования экологических проектов для энергетического сектора), CLIMIT (программа финансирования проекта экологически чистого природного газа) [11].

В Российской Федерации до 2012 г. действовала Федеральная целевая программа «Мировой океан», главная долгосрочная цель которой – комплексное решение проблемы изучения, освоения и эффективного использования ресурсов и пространств Мирового океана в интересах экономического развития и обеспечения безопасности страны. В настоящее время аналогичной по целям и задачам закончившейся программы нет.

Показателен опыт Норвегии и в развитии организационного аспекта на законодательном уровне. Например, в процессе привлечения инвестиций и технологий в шельфовые проекты были разработаны следующие типовые договоры: «Пятидесятипроцентные» (The 50% – Agreement), «Финансовые» (Financial Agreement), «Доброй воли» (Goodwill Agreement) [12]. Первый тип соглашений предусматривал, что иностранные компании при освоении месторождения обязуются выполнить на территории Норвегии минимум 50% от всех исследовательских работ, необходимых для разработки этого месторождения. Такие соглашения до сих пор являются неотъемлемой частью договоров о разработке норвежского шельфа, а контроль за их исполнением лежит непосредственно на министерстве топлива и энергетики Норвегии. К примеру, компания Shell, которая была оператором первой фазы месторождения Troll, 73% средств на научно-исследовательские проекты потратила на услуги норвежских компаний и институтов, а в рамках проекта Draugen – 80%. Второй тип соглашений обязывал иностранные компании выполнять научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы на территории Норвегии в течение установленного соглашением времени с заранее установленным бюджетом (как правило, долей дохода от освоения месторождения). Третий тип соглашений обязывал иностранные компании проводить в Норвегии столько научно-технических исследований, сколько это возможно без жестких юридических обязательств, однако требовал от этих компаний представлять годовые отчеты о проделанной работе Исследовательскому совету. Благодаря сотрудничеству в рамках этих договоров Норвегия смогла провести широкий круг исследований в области изучения морей, энергетики, машиностроения и других исследований, связанных с развитием шельфовой нефтегазовой промышленности. Необходимо отметить, что контролирующей стороной таких соглашений в Норвегии всегда является государство в лице министерства топлива и энергетики.

Наша страна обладает не только уникальным по своему нефтегазовому потенциалу шельфом арктических морей, но и высокоинтеллектуальными человеческими ресурсами. В сегодняшних политических и финансовых условиях у Российской Федерации появился последний, долгое время отсутствующий стимул к интенсивному развитию собственных современных и перспективных нефтегазовых технологий и созданию передовой отечественной нефтегазовой промышленности – запрет на импорт иностранных технологий освоения шельфовых месторождений углеводородов. Несомненно, что при правильном и своевременном создании стимулирующих финансово-организационных условий со стороны государства и национальных нефтегазовых компаний на шельфе Российской Федерации будут реализовываться крупнейшие в мире нефтегазовые проекты с наивысшими показателями по эффективности и безопасности с использованием отечественных инновационных техники и технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Золотухин А. Б., Гудместад О. Т., Ермаков А. И. и др.* Основы разработки шельфовых нефтегазовых месторождений и строительство морских сооружений в Арктике. – М.: Нефть и газ, 2000. – 770 с.
2. *Меньшов Б. Г., Ершов М. С., Яризов А. Д.* Электротехнические установки и комплексы в нефтегазовой промышленности. – М.: Недра, 2000. – 487 с.
3. *Васильев Б. Ю., Козярук А. Е.* Транспортировка газа: сравнительный анализ энергоэффективности, ресурсосбережения и экологичности типов приводов ГПА // Oil&Gas Journal Russia. – 2013.– № 4. – С. 68–75.
4. *Васильев Б. Ю.* Повышение энергетических и динамических характеристик электроприводов систем динамического позиционирования плавучих платформ // Газовая промышленность. – 2014. – № 8. – С. 29–33.
5. *Васильев Б. Ю.* Автоматизированный электропривод объектов минерально-сырьевого комплекса (применение, моделирование, исследование). – СПб.: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2014. –139 с.
6. *Пронин М. В., Воронцов А. Г., Калачиков П. Н., Емельянов А. П.* Электроприводы и системы с электрическими машинами и полупроводниковыми преобразователями (моделирование, расчет, применение) / Под ред. Е. А. Крутякова. – СПб.: «Силовые машины» «Электросила», 2004. – 252 с.
7. *Толстов С. С., Мирзоев Д. А., Ибрагимов И. Э.* Подводная технология добычи углеводородов – ключевой фактор освоения ресурсов шельфа Арктики // Газовая промышленность. Спецвыпуск. –2011. – № 661.
8. *Васильев Б. Ю.* Мехатронные перекачивающие комплексы на основе регулируемых электроприводов для подводного компримирования и транспортировки природного газа // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2013. – № 3. – С. 55–60.
9. Патент РФ № 2485353. Подводный газоперекачивающий агрегат для многониточного трубопровода / А. Е. Козярук, Б. Ю. Васильев, 2013 // Бюл. 2013. – №10.
10. *Дурыманов В. В., Леонтьев С. А., Седов В. В.* На суше и под водой: капсулированный компрессорный агрегат STC-ECO-II компании Siemens // Турбины и дизели. – 2010. – № 2. – С. 10–15.
11. *Мирзоев Д. А., Ибрагимов И. Э., Архипова О. Л.* Инновационные технологии подводной добычи углеводородов на шельфе Арктики. – [Электронный источник.] – Режим доступа: http://neftegaz.ru/(дата обращения: 10.09.2014).
12. *Воробьев А. А.* Научно-технические соглашения в концессионной системе Норвегии в 70–90 гг. XX в. // Балтийский регион. – 2012. – № 4 (14). – С. 59–71. ■

ПРОЕКТ 58: ИЗ ЭСКАДРЕННОГО МИНОНОСЦА В РАКЕТНЫЙ КРЕЙСЕР

В.Е. Юхнин, *д-р техн. наук, проф.,*
советник ген. директора АО «Северное ПКБ»,
контакт. тел. (812) 784 7674, 936 7132

В 1960 г. ЦКБ-53 выполнило исследования, направленные на изучение возможностей перевооружения кораблей пр. 57бис ракетным комплексом П-35, создававшимся под руководством В. Н. Челомея и в значительной мере свободном от недостатков ПКР первого поколения. Работы по созданию проекта эскадренного миноносца с «управляемым ракетным оружием» нового поколения начались еще в 1956 г.

В декабре 1956 г. главнокомандующий ВМФ СССР С. Г. Горшков утвердил согласованное с Минсудпромом ТТЗ на разработку эскизного проекта корабля с ракетным комплексом П-35.

Работы по новому пр. 58 развернулись практически одновременно с разработкой главного вооружения корабля: комплекса ЗУРО М-1 («Волна») и ударного противокорабельного ракетного оружия П-35. Главным конструктором проекта был назначен В. А. Никитин.

Эскизный проект был разработан в сентябре 1957 г., а технический уже в марте 1958 г. В соответствии с правительственным постановлением от 3 декабря 1958 г., утверждавшим план проектирования и строительства кораблей ВМФ на 1959–1965 гг. в ходе выполнения «семилетки», на заводе им. А. А. Жданова (завод 190) предусматривалась постройка 16 эскадренных миноносцев пр. 58.

Головной эсминец, получивший название «Грозный», был заложен 23 февраля 1960 г. Его спуск на воду состоялся 26 марта 1961 г., а в июле 1962 г. корабль был представлен на государственные испытания. В ходе постройки «Грозного» окончательно решился вопрос о классификации этого корабля.

Если в конце 50-х гг. в официальных документах он именовался «эскадренным миноносцем с управляемым реактивным оружием», а затем несколько неопределенно – «кораблем с реактивным вооружением», то уже к началу 1960 г. корабль пр. 58 уверенно причислили к классу крейсеров.

Безусловно, это была дань огромной огневой мощи нового корабля, хотя в конструктивном отношении он, безусловно, продолжил развитие линии больших эскадренных миноносцев, начатой еще 41-м проектом.

В связи с этим вспоминается один забавный эпизод. Как известно, для крейсеров по всем флотским каналам полагается иметь на борту духовой оркестр. Ну музыкантам найти место в кубриках за счет запасных мест не представляло больших трудностей, а вот с музыкальными инструментами все оказалось сложнее. Громадные барабаны, духовые трубы и т. п., свободный доступ к которым должен быть ограничен, потребовали специальной проработки. В стесненных условиях корабля это оказалось не простой задачей. Вопрос решился только при размещении инструментов в нескольких помещениях корабля.

Первоначально формулировка основного назначения нового ракетного крейсера была предельно краткой и скромной: уничтожение легких крейсеров, эскадренных миноносцев, крупных транспортов противника и ведение успешного боя с кораблями противника, вооруженными ракетным оружием ближнего действия. Впоследствии она расширилась: добавились задачи поражения авианосных групп.

При проектировании нового корабля за основу был взят теоретический чертеж корпуса эсминца пр. 56, прошедший тщательную отработку и хорошо зарекомендовавший себя на практике. Однако модельные испытания в бассейнах ЦАГИ и ЦНИИ-45 на регулярном волнении выявили необходимость более полного образования носовых шпангоутов. В результате внесения соответствующих изменений заливаемость и особенно брызгообразование корабля пр. 58 удалось значительно уменьшить по сравнению с пр. 56.

При заданном составе вооружения наилучшей архитектурной формой корпуса была признана конфигурация с длинным полубаком и небольшим подъемом к форштевню. Корпус набирался по продольной схеме, 16 водонепроницаемыми переборками он делился на 17 отсеков. Непотопляемость корабля обеспечивалась при затоплении трех любых смежных отсеков, однако имелись участки, где корабль выдерживал затопление и четырех смежных отсеков. В качестве материала корпуса применялась сталь марки СХЛ-4.

Надстройки выполнялись в основном из алюминиево-магниевых сплавов марок АМг-58 и 6Т. Только передняя стенка носовой и задняя стенка кормовой надстроек, два яруса фок-мачты, башенная часть грот-мачты были изготовлены из стали. Первые из-за воздействия мощных газовых струй при старте ракет, а вторые из-за значительного веса антенных постов.

В техническом проекте прорабатывалась противоосколочная защита погребов зенитных ракет, однако она была отвергнута по соображениям экономии веса, т. е. по тем же причинам, которые обусловили и широкое применение АМг.

Пр. 58 ознаменовал своим появлением настоящую революцию в корабельной архитектуре – особенностью проекта были четырехгранные пирамидальные башенноподобные фок- и грот-мачты, надолго определившие облик многих боевых отечественных кораблей последующих проектов. Их применение диктовалось в первую очередь необходимостью получения дополнительных объемов и площадей для высокорасположенных постов высокочастотных блоков РЛС.

Кроме того, подобная конструкция обеспечивала жесткое подкрепление большого количества антенных постов радио- и радиотехнических средств, в том числе весьма громоздких и тяжелых. Облегчалось и выполнение требований противоатомной и противохимической защиты – стойкость по отношению к ударной волне ядерного взрыва и «обмываемость» водяной защитой.

Главная энергетическая установка корабля являлась развитием ГЭУ предыдущих проектов (41, 56 и 57бис). Однако для достижения полного хода (34,5 уз) потребовалось форсирование как главных турбозубчатых агрегатов, так и котлов, при сохранении требований жесткой весовой дисциплины и экономичности.

В качестве ГТЗА на крейсерах пр. 58 устанавливались турбины типа ТВ-12, отличающиеся от ранее использовавшихся на эсминцах ТВ-8 большей агрегатной мощностью – 45 000 л. с., меньшим на 35% удельным весом и большим на 4% КПД при сохранении существующих габаритов.

Главные высоконапорные котлы типа КВН-95/64 имели турбокомпрессорный наддув воздуха, что позволило в два раза увеличить напряжение топочного объема, уменьшить на 30% удельную массу и поднять на полном ходу КПД на 10%. Применение газовоздушных эжекторов позволило понизить температуру газов, истекающих из труб, с 550 °С до 100 °С. Это заметно уменьшило ИК-сигнатуру крейсера и также стало одним из первых примеров реализации технологии «стелс». Однако вполне естественным следствием внедрения указанных мероприятий стало ухудшение

РКР «Грозный» на Неве 5 ноября 1967 г. На переднем плане группа создателей корабля пр. 58

экономичности энергетической установки на малых и средних ходах.

Для обеспечения паром стояночных режимов и для приготовления ГЭУ к походу предусматривался вспомогательный котел производительностью до 7 т/ч. Электроэнергетическая система корабля выполнялась на трехфазном переменном токе напряжением 380 В. Основными источниками электроэнергии служили два турбогенератора ТД-750 мощностью по 750 кВт и два дизель-генератора ДГ-500 по 500 кВт, размещенных в двух электростанциях.

Общие проектные решения по ракетному крейсеру в значительной степени повторяли подобные решения, принятые на отечественных эсминцах послевоенных проектов. некоторая корректировка была обусловлена возрастанием водоизмещения крейсера пр. 58. Так, например, площадь рулей успокоителей качки была увеличена до 3,2×2,0 м (вместо 2,60×2,15 м на корабле пр. 57бис).

Бортовые плавсредства крейсера (катера и шестивесельный ял) в отличие от предыдущих проектов изготавливались из АМг. В то же время дельные вещи были приняты полностью унифицированными с предшественниками.

Основным оружием корабля стал ракетный комплекс П-35, который отличался от комплекса КСЩ значительно большей досягаемостью (диапазон дальностей стрельбы первоначально составлял 25–250 км, однако затем максимальная дальность была увеличена до 300 км).

Сверхзвуковая ракеты 4К-44 (М-1,54) имела обычную или ядерную боевую часть. Она могла применяться как по морским, так и по береговым целям, имела принципиально новую систему управления и обладала значительно более высокими, чем КСЩ, эксплуатационными характеристиками.

Силовая установка 4К-44 включала маршевый турбореактивный двигатель КР-7–300 и стартовые твердотопливные ускорители. Стартовая масса ракеты 4К-44 составляла 4200 кг, а без твердотопливных ускорителей – 3800 кг.

В состав комплекса УРО корабля пр. 58 входили: две пакетные счетверенные наводящиеся пусковые установки (ПУ) СМ-70, 16 крылатых ракет, система управления 4Р-44 («Бином») и другие обслуживающие устройства. Пусковые установки СМ-70 имели дистанционное горизонтальное наведение (±120° от походного положения) и фиксированный стартовый угол возвышения, равный 25°.

В них постоянно размещались восемь ракет 4К-44. Кроме того, имелось еще восемь запасных ракет в погребах, расположенных в носовой и кормовой надстройках. К достоинствам подобной схемы относилась возможность одновременного пуска в одном направлении ракет из носовых и кормовых ПУ. Недостатками являлись излишний вес и сложность установки. Система управления позволяла осуществлять одновременный двухракетный залп из каждой ПУ. В результате суммарный залп крейсера мог быть сформирован из четырех ракет. Время подготовки первого залпа составляло не более 12 мин.

В погребах ракеты 4К-44 хранились полностью снаряженными, но без топлива и пиросвечей, а в контейнерах ПУ – с пиросвечами и настроенной бортовой аппаратурой. Система управления обеспечивала пуск ракет, телеуправление посредством радиокоманд на маршевом участке траектории и командный захват цели головкой самонаведения на конечном участке полета. На фок- и грот-мачтах крейсера размещалось по одному сдвоенному антенному посту системы, что и обеспечивало одновременное «ведение» не более четырех ракет. Зенитный ракетный комплекс М-1 («Волна») проходил всесторонние корабельные испытания на переоборудованном эсминце пр. 56К «Бравый». Поэтому в распоряжении конструкторов уже имелись некоторые практические результаты использования этого ЗРК в корабельных условиях.

В состав комплекса входили спаренная двухбалочная стабилизированная установка ЗИФ-101, а также система хранения и подачи ЗУР. В погребе в двух револьверных барабанах размещалось 16 ракет.

Боевые характеристики комплекса обеспечивали два пуска каждые пять секунд. Максимальная дальность стрельбы двухступенчатыми твердотопливными ракетами В-600 (К-90) первоначально составляла 16 км, а досягаемость по высоте – около 15 км. В дальнейшем эти параметры были улучшены.

Радиокомандная система «Ятаган» была одноканальной и могла обеспечить стрельбу двумя ракетами по одной цели.

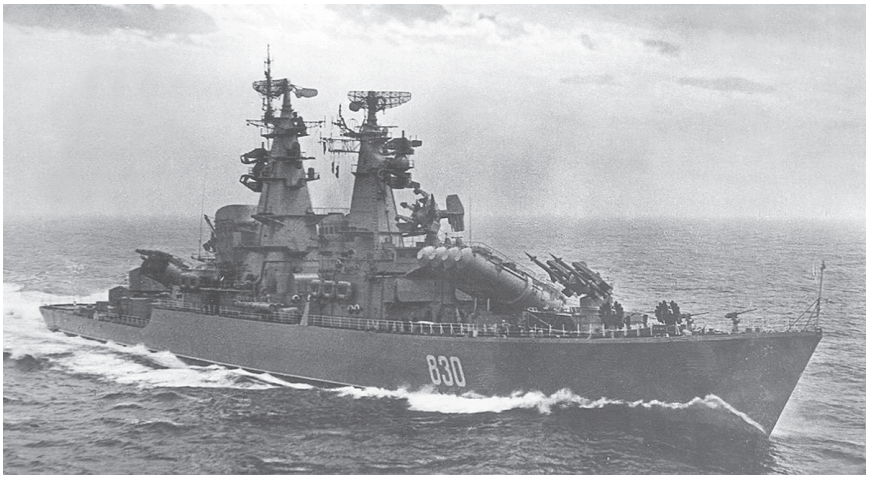
Ракетный крейсер «Грозный»

Артиллерийское вооружение крейсера не соответствовало его наименованию. Недооценка роли ствольной артиллерии в середине пошлого века привела к тому. что к началу разработки пр. 58 для вооружения надводных кораблей реально можно было рассчитывать только на 76-мм двухорудйную автоматизированную артустановку АК-726 (ЗИФ-67). При этом артиллерии отводилась явно второстепенная вспомогательная роль. Хотя АК-726 официально называлась универсальной установкой, ее основным предназначением считалась борьба с воздушными целями (скорострельность 90 выстр./мин).

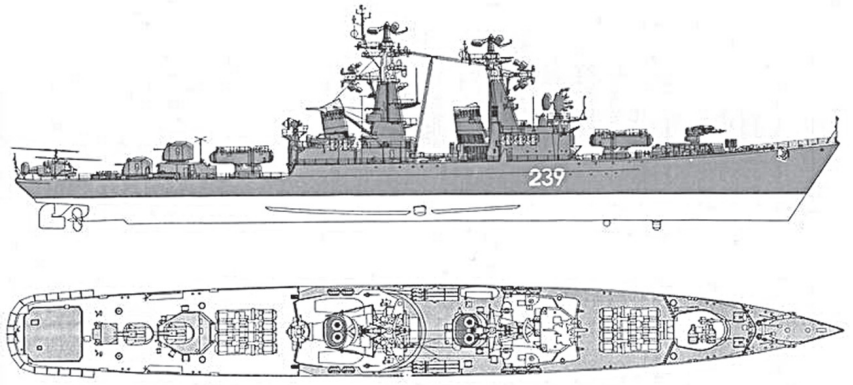
Крейсер имел две спаренные артиллерийские башни, линейно размещенные в кормовой части корабля. Их наведение осуществлялось посредством РЛС управления огнем МР-105 «Турель». В основном режиме башни управлялись дистанционно, тем не менее имелось резервное местное управление, осуществляемое с помощью оптических прицелов («Призма»), установленных на самих орудиях. Общий артиллерийский боезапас корабля – 2400 снарядов калибром 76 мм, размещенных в двух погребах.

Торпедное вооружение корабля 58-го проекта было аналогично вооружению корабля пр. 57бис. На крейсера впервые (применительно к серийным кораблям) установили реактивную бомбометную установку РБУ-6000 (две 12-ствольные установки) с новыми реактивными глубинными бомбами РГБ-60. Боезапас РБУ принимался из расчета четырех полных залпов, т. е. 96 РГБ. Управление стрельбой осуществлялось системой «Буря», обеспечивавшей определение курса цели, ее скорости, курсового угла и т. п.

Первоначально на корабле пр. 58 вовсе не предусматривалось какого-либо авиационного вооружения (в 50-х гг. наш флот просто не имел подходящих летательных аппаратов корабельного базирования, если не считать маломощных Ка-15, использование которых носило по существу экспериментальный характер). Однако в техническом проекте вертолет (им стал новейший Ка-25) уже появился. Для его размещения пришлось удлинить кормовую оконечность крейсера. Дальнейшие проработки показали, что без существенного увеличения водоизмещения корабля, полноценное (ангарное) базирование вертолета обеспечить невозможно. Поэтому на крейсерах 58-го проекта оставили лишь взлетно-посадочную площадку (ВПП) со светотехническим оборудованием, стартово-командный пост, а также небольшой (5 т) запас авиационного керосина, причем сам вертолет принимался на борт в перегруз, и его базирование на крейсере являлось, скорее, исключением, чем правилом.



Ракетный крейсер «Варяг»



Ракетный крейсер пр. 58. Вид сбоку и сверху

РКР пр. 58. Вид с носа

Для управления в бою тактической группой кораблей, координации применения ударного ракетного оружия, а также управления средствами ПВО и РЭБ соединения на крейсере был оборудован упрощенный флагманский командный пост (ФКП) с соответствующими помещениями и постами. Этот пост в дальнейшей эксплуатации корабля почти не использовался, а в дальнейшем был переоборудован для других целей.

Радиолокационное вооружение корабля первоначально было представлено двумя двухкоординатными РЛС общего обнаружения МР-300 («Ангара»). Задачи обнаружения надводных целей и навигации решались при этом одной станцией «Дон». Для поиска подводных целей и выдачи целеуказания торпедному и реактивно-бомбометному оружию имелась ГАС кругового и шагового поиска ГС-572 («Геркулес-2М») с выдвижной подкильной антенной.

На корабле пр. 58 впервые в отечественном кораблестроении были реализованы архитектурные мероприятия надстроек, охлаждение уходящих газов котлов и дизель-генераторов, установка главных машин и электрогенераторов на амортизаторы, подвод воздуха к кромкам гребных винтов и т. д.

Экипаж корабля насчитывал 27 офицеров, 29 мичманов и главстаршин, а также 283 старшин и матросов срочной службы.

Условия обитаемости на пр. 58 удалось несколько улучшить за счет выделения (впервые на наших кораблях) помещения для столовой, в котором могли разместиться две трети старшин и мат-

Ракетный крейсер «Адмирал Головко»

росов. В столовой также проводились культурно-массовые мероприятия – показ кинофильмов, лекции, собрания и т. д. В боевых условиях там разворачивался операционный пункт.

В целом ракетные крейсера пр. 58 явились принципиально новыми, технически совершенными для своего времени боевыми кораблями. Испытания и ввод в строй головного корабля, стали довольно сложным процессом, потребовавшим значительных усилий промышленности и флота. Испытания комплекса П-35 проводились в белом море с 6 июля по 29 октября 1962 г. Стреляли бросковыми болванками и боевыми ракетами (в телеметрическом варианте), осуществляя одиночные и залповые пуски. Мишенями служили неподвижные цели – бывший лидер «Ленинград» (СМ-5) и плавбаза торпедных катеров пр. 1784 (СМ-8).

Дальность стрельбы составляла около 200 км, погода стояла спокойная, радиолокационная наблюдаемость была хорошей. Обе мишени были поражены попаданием ракет в надстройки. Хотя испытания проходили негладко, подавляющее большинство дефектов и недостатков удалось устранить либо на месте, либо в ходе отработки комплекса.

Основные ТТЭ РКР пр. 58

Водоизмещение, т:	
стандартное	4330
полное	5380
Размеры, м:	
длина наиб. (по КВЛ)	144,48 (133)
ширина наиб. (по КВЛ)	16,0 (15,2)
Осадка средняя, м	4,76
Скорость хода, уз:	
полного	34,7
экономического	18
Дальность плавания, мили (уз)	3520 (18)
Тип ГЭУ, мощность, л. с.	КТУ, 95 000
Вооружение:	
противокорабельное	2×4 ПУ ПКР П-35 (2×4 погреба)
зенитное	1×2 ПУ ЗРК «Волна»
артиллерийское	2×2 – 76,2 мм АК-726
торпедное	2×3 – 533 мм ТА
бомбовое	2×12 РБУ-6000
РЛС обнаружения ВЦ управления стрельбой	2 МР-300
ГАС	ГАС-572
Экипаж, чел.	339

Основные этапы жизни ракетных крейсеров пр. 58

Название	Зав. №	Заложен	Спущен на воду	Вступил в строй ВМФ	Списание
«Грозный»	780	23.03.1960	26.03.1961	30.12.1962	1991
«Адмирал Фокин»	781	05.10.1960	19.11.1961	16.06.1964	1993
«Адмирал Головко»	782	20.04.1961	18.07.1962	30.12.1964	2004
«Варяг»	783	13.10.1961	07.04.1963	20.08.1965	1990

Были проведены и специальные, весьма актуальные испытания по проверке возможности пребывания личного состава корабля в боевых постах, помещениях и на открытой палубе при старте ракет (ПКР и ЗУР), а также работе РЛС. Необходимость подобных испытаний диктовалась тем, что новые ракеты имели большие удельные импульсы тяги стартовых двигателей (ступеней), которые создавали большие ударные нагрузки. Испытания проводились на подопытных животных – баранах и кроликах, которых разместили в различных местах корабля и на боевых постах, а оружие и РТС применялось с учетом их максимального биологического воздействия.

Удалось выявить опасные места нахождения личного состава при стартах ракет П-35, В-600 и работающих РЛС.

Если при пусках ЗУР люди могли безопасно находиться во всех закрытых боевых постах, то при стрельбе ПКР (П-35) нахождение личного состава в ряде помещений (даже в артустановке № 1) оказалось недопустимым без применения специальных средств защиты. Время пребывания людей на боевых постах, подверженных СВЧ-излучению, пришлось ограничить специальными инструкциями.

ГЭУ корабля в ходе испытаний в целом показала себя хорошо. Однако выяснилось, что заданная максимальная скорость (34,5 уз) достигается лишь при форсировании мощности до 95 000 л. с. В то же время фактическая дальность плавания крейсера составляла 3650 миль при средней оперативно-экономической скорости 18 уз (при требуемых 3500 милях).

Во время испытаний головного корабля на Северном флоте летом 1962 г. в жизни корабля произошло неординарное событие: крейсер посетил руководитель страны Н. С. Хрущев в сопровождении министра обороны маршала Р. Я. Малиновского. Первый командир крейсера капитан 2 ранга В. А. Лапенков вывел корабль в море и эффективно провел показательные стрельбы комплексом П-35. Начальство наблюдало за ними с борта крейсера «Мурманск». Стрельбы прошли удачно, ракеты прямыми попаданиями поразили щит-мишень. После этого высокие гости перешли на «Грозный» и осмотрели корабль. Н. С. Хрущев был в восторге от крейсера и высказал пожелание в недалеком будущем посетить на нем с официальным визитом Галифакс (США). В связи с этим «Грозный» подвергся особенно тщательной отделке и соответствующему дооборудованию. В частности, его верхняя палуба получила полихлорвинилованное покрытие, чего не было на последующих кораблях пр. 58.

По первоначальным планам предполагалось построить не менее 16 кораблей пр. 58. Однако фактически на судостроительном заводе им. А. А. Жданова было построено всего четыре крейсера. Дальнейшим развитием пр. 58 стали корабли пр. 1134. Крейсеры пр. 58 несли службу в составе всех четырех флотов Советского Союза, а затем России. Они были хорошо освоены личным составом и активно участвовали в боевой службе, начатой нашим флотов с конца 1960-х гг.

На кораблях не происходило серьезных аварий или катастроф, что дает основание считать, что пр. 58 оказался вполне надежным и безопасным в эксплуатации. серьезной модернизации

Ракетный крейсер «Адмирал Фокин» после модернизации

корабли пр. 58 не подвергались. В 70-е гг. на них (но не на всех) установили часть «положенного по штату» недостающего радиотехнического вооружения. В частности, ракетные крейсера «Адмирал Фокин» и «Грозный» получили, наконец, систему «Успех-У», значительно повысившую их ударные возможности (на других кораблях «Успех» так и не появился). На «Адмирале Фокине» и «Варяге» двухкоординатные РЛС МР-300 заменили на трехкоординатные МР-310.

Ракетные крейсера пр. 58 оставили заметный след в истории отечественного кораблестроения. Промышленности удалось впервые успешно создать мощный, сравнительно компактный корабль с ракетными комплексами различного назначения, насыщенный новым радиоэлектронным вооружением и отвечавший современным (для того времени) требованиям ведения войны на море.

Необходимо отметить, что крейсер пр. 58 стал первым отечественным боевым надводным кораблем, получившим ядерное оружие и, следовательно, обладавшим невиданными ранее боевыми возможностями.

За разработку и создание крейсера пр. 58 была присуждена Ленинская премия но, как это нередко случалось, в списке удостоенных ею не оказалось ни главного конструктора, ни фактического главного наблюдающего ВМФ П. М. Хохлова.

Последние чертежи пр. 58 в качестве главного конструктора подписывали и А. Л. Фишер и В. Г. Королевич, а главным наблюдающим ВМФ «дорабатывал» М. А. Янчевский. Но, как бы то ни было, ракетный крейсер пр. 58 стал «лебединой песней» выдающегося советского кораблестроителя Владимира Александровича Никитина.■

КРОНШТАДТСКИЙ ВОЕННО-МОРСКОЙ ГОСПИТАЛЬ: 300 ЛЕТ СО ДНЯ ОСНОВАНИЯ

М.И. Лобанова, *полковник мед. службы, Главное военно-медицинское управление Министерства обороны РФ,*
М.И. Роскостов, *подполковник мед. службы, начальник Кронштадтского военно-морского госпиталя,*
Е.А. Никитин, *д-р мед. наук, проф., заслуженный деятель науки РФ, контакт. тел. +7 (966) 359 9359, (812) 311 4149*

История Кронштадтского военно-морского госпиталя неразрывно связана со становлением Балтийского флота и его морской крепости – Кронштадта, расположенной на о. Котлин [2].

До создания централизованного медицинского учреждения – морского госпиталя на о. Котлин – заболевших солдат, матросов и рабочих помещали в госпитальных избах. Первое упоминание о них встречается в документах, относящихся к 1713 г. Никаких медицинских штатов для обслуживания больных в них предусмотрено не было. Больные получали только уход и питание, которые осуществлялись рабочими, выделенными для этой цели.

В 1717 г. по указу Петра I на о. Котлин основывается Адмиралтейский гофшпиталь. В октябре 1723 г. после закладки Петром I укреплений на острове морская крепость и строящийся город получили имя Кронштадт, а гофшпиталь стал именоваться Кронштадтским.

Кронштадтский морской госпиталь являлся военным учреждением и содержался на средства Адмиралтейской коллегии. В медицинском отношении он подчинялся архиатору – начальнику медицинской канцелярии. Деятель-

Историческая панорама Кронштадтского военно-морского госпиталя. Оксана Хейлик, 2017

ность госпиталя основалась на «Регламенте о управлении Адмиралтейства и верфи», составленном по указанию Петра I в 1722 г.

Штат госпиталя первые 37 лет его существования, т.е. до 1754 г., состоял из старшего доктора, старшего лекаря, двух лекарей, пяти подлекарей и шести учеников. В состав хозяйственной службы входили: комиссар и при нем три писаря, четыре хлебника, три повара и плотник. Для ухода за больными и для хозяйственных работ имелось 56 матросов, для несения караульной службы – два сержанта, капрал, 23 солдата и дворник.

Первым старшим доктором госпиталя был Матвей Миниат, принят на русскую службу в 1707 г. Первое время он служил войсковым врачом, затем старшим доктором Санкт-Петербургского морского госпиталя, а в дальнейшем был определен в Кронштадтский госпиталь [4].

В 1733 г. при госпитале организована лекарская школа. В штат были дополнительно введены две врачебные должности для преподавательских целей – оператора и младшего доктора, но они длительное время оставались вакантными из-за отсутствия достойных кандидатур. Поэтому и лечение больных и занятия с учениками и подлекарями госпитальной школы проводили в основном лекари госпиталя. Надо отдать должное их самоотверженности и героизму в безропотном выполнении врачебного долга.

Содержание больных в госпитале и приобретение медикаментов для их лечения осуществлялось за счет денег, вычитаемых из жалования морских и адмиралтейских служителей [1].

В 1784 г. Адмиралтейская коллегия, напуганная высокой заболеваемостью личного состава кораблей гарнизона Кронштадта, представила в докладе императрице Екатерине план строительных работ, которые необходимо было выполнить по случаю перевода в Кронштадт всего Адмиралтейства и верфей. Проект нового каменного здания госпиталя был рассчитан на размещение 200 больных и 288 служащих. Госпиталь вскоре был построен, и в него летом 1785 г. перевели больных.

Адмирал С. К. Грейг, видя, что в госпитале не помещается и половины всех имевшихся в Кронштадте больных морских нижних чинов, приказал с 1788 г. часть больных переправлять в новый Ораниенбаумский морской госпиталь, выстроенный по случаю предполагавшегося, но затем отмененного перевода Санкт-Петербургского морского госпиталя в Ораниенбаум.

Этот проект коллегия признала невыполнимым. Было принято решение в Кронштадте строить госпиталь на 2000 больных. Из-за отсутствия средств и по другим причинам реализация этого проекта затянулась на многие годы. Только в 1831 г. началось строительство каменного здания морского госпиталя, которое было закончено в 1840 г. В этом здании госпиталь размещается до настоящего времени.

С началом русско-японской войны (1904–1905 гг.) часть врачей и военных фельдшеров госпиталя во главе с доктором М. Н. Обезьяниновым были отправлены на Дальний Восток для организации Порт-Артурского морского госпиталя. Кронштадтские медики выдержали весь период осады этой исторической крепости, оказывая помощь раненым и больным [5].

Великая Отечественная война 1941–1945 гг. стала невиданным испытанием для коллектива госпиталя. За четыре года войны на излечении в нем находилось около 40 тыс. раненых и больных. Стойко и мужественно в тяжелейших условиях блокады выполняли сотрудники госпиталя свою благородную и ответственную задачу.

Указом Президиума Верховного Совета СССР от 17 июня 1942 г. Кронштадтский военно-морской госпиталь награжден высшей наградой Родины – орденом Ленина. За образцовое выполнение заданий командования, проявленную при этом доблесть и мужество большая группа военнослужащих, рабочих и служащих получила государственные награды.

На 1 января 2017 г. Кронштадтский военно-морской госпиталь развернут на 150 коек. В штате – девять военнослужащих и 260 человек из числа гражданского персонала. Ежегодно стационарное обследование и лечение в госпитале проходят около 3500 больных.

После реорганизационных мероприятий постсоветского периода Кронштадтский военно-морской госпиталь находится на сложном пути восстановления своего былого статуса одного из лучших лечебных учреждений Министерства обороны Российской Федерации.

Особое место в служебной деятельности начальника и личного состава госпиталя занимает подготовка к 300-летию Кронштадтского военно-морского госпиталя, которое будет широко отмечаться в июне 2017 г.

Заслуги и авторитет морских врачей Кронштадта исключительно высоки и не должны меркнуть с годами.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Иванов Е.М.* Роль Кронштадтского военно-морского ордена Ленина госпиталя в развитии военно-морской медицины. – Мат-лы науч. конфер., посвященной 250-летию Кронштадтского военно-морского ордена Ленина госпиталя, Кронштадт. 1967, с. 1–4.
2. *Костюк А.В.* Учреждение отечественных военно-морских госпиталей в XVIII столетии // Военно-медицинский журнал. 2011. – № 11. – С. 84–89.
3. *Никитин Е.А., Лобанова М.И., Яремко В.И.* Вдали от «Госпиальной миазмы»: Из истории госпитальной дачи Кронштадтского морского госпиталя // Морское наследие. – 2016. –№ 3–4 (19–20). – С. 63–69.
4. *Никитин Е.А., Яремко В.И.* 1-й Военно-морской госпиталь. (300-лет со дня основания). – СПб., 2015. – 144 с.
5. *Подберезкин И.В.* К истории создания Кронштадтского военно-морского госпиталя (1717–2007). – Сб. мат-лов науч.-практ. конфер., посвященной 290-летию 35 Военно-морского ордена Ленина госпиталя им. Н. А. Семашко. – СПб., 2007, с. 3–16. ■

К 80-ЛЕТИЮ А.А. ЮРЧАКА

В. Л. Александров, *д-р техн. наук, проф., президент Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области, контакт. тел. (812) 786 1172*

На протяжении 15 лет Александр Андреевич Юрчак является исполнительным директором Межрегионального отраслевого некоммерческого объединения промышленников и предпринимателей «Ассоциация судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области».

Окончив в 1961 г. Ленинградский кораблестроительный институт, он начал трудовую деятельность на заводе «Судомех» (п/я 329), переименованном в 1966 г. в Ново-Адмиралтейский завод, в качестве помощника мастера и затем мастера на участке сборки конструкций легкого корпуса ПЛ пр. 641. На протяжении трех лет работы участвовал в создании десяти ПЛ данного проекта.

Перейдя в 1965 г. на работу в отдел главного строителя, А. А. Юрчак был назначен на должность строителя и далее старшего строителя по корпусу опытно-штатной АПЛ пр. 705. Это была уникальная подлодка, построенная полностью из титановых сплавов, во что долго не могли поверить кораблестроители всего мира. Она отличалась невиданной скоростью подводного хода, оригинальными решениями по энергоустановке, турбине, приборным комплексам, вооружению, непревзойденными до настоящего времени. По признанию американских специалистов-подводников, она «наводила страх на ВМС США».

В 1971 г. Александр Андреевич поступил на работу в ЦНИИ технологии судостроения, где прошел трудовой путь от ведущего инженера до заместителя директора НТФ «Судотехнология». В тот период под его руководством и при непосредственном участии были выполнены научные разработки в области технологического обеспечения проектирования и строительства новых судов и кораблей всех классов и назначений.

На протяжении всей плодотворной деятельности Александр Андреевич остается верен избранной профессии. Широкий кругозор и эрудиция в сочетании с организаторскими способностями позволяют ему в качестве исполнительного директора успешно руководить

деятельностью Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области, содействуя выполнению государственных, федеральных и отраслевых программ развития судостроительной промышленности России. Он помогает укреплению тесных связей Ассоциации с профильными комитетами правительства Санкт-Петербурга, Морским Советом при правительстве Санкт-Петербурга, Морской коллегией при Правительстве РФ, Центральным правлением НТО им. акад. А. Н. Крылова, военно-морским ведомством, территориальными организациями профсоюзов работников судостроения и другими государственными, коммерческими и общественными организациями.

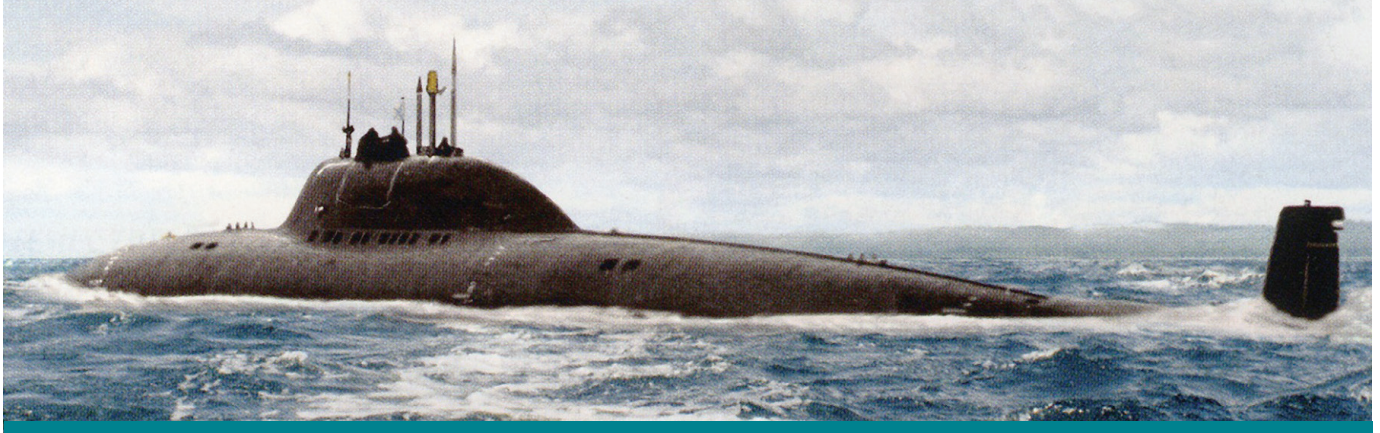
Благодаря его огромному опыту и знаниям в планы совещаний и конференций, проводимых Ассоциацией, включаются важнейшие вопросы, связанные с экономикой и организацией судостроительного производства, разработкой и внедрением передовых технологий и новых материалов, подготовкой кадров для отрасли, оплатой труда, логистикой и многие другие, решение которых способствует развитию научного и промышленного потенциала отрасли.

Александр Андреевич организует участие специалистов предприятий-членов Ассоциации в международных выставках, конференциях, семинарах.

Присущие ему принципиальность и требовательность сочетаются с прекрасными человеческими качествами. Он пользуется заслуженным авторитетом среди руководителей и специалистов судостроительных предприятий, государственных учреждений, профессиональных союзов и коллег по работе.

Заслуги Александра Андреевича отмечены высокими правительственными наградами – орденом «Трудового Красного Знамени», медалью «За доблестный труд», медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» 4-й степени и другими медалями. Он – лауреат премии Совета Министров СССР, удостоен звания «Заслуженный ветеран труда ЦНИИТС».

Руководство Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области и дирекция Центра технологии судостроения и судоремонта сердечно поздравляют Александра Андреевича с 80-летием и желают ему крепкого здоровья, благополучия, дальнейшего процветания и творческих успехов! ■



Редакция журнала «Морской вестник» поздравляет Александра Андреевича с 80-летием и желает ему крепкого здоровья, долголетия и дальнейших творческих успехов!

ТРЕБОВАНИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ СТАТЕЙ И УСЛОВИЯ ИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

1. Автор представляет статью в электронном виде объемом до 20 000 знаков, включая рисунки. Текст набирается в редакторе MS Word под Windows, формулы – в формульном редакторе MathType. Иллюстрации, помещенные в статье, должны быть представлены дополнительно в форматах: TIFF CMYK (полноцветные), TIFF GRAYSCALE (полутоновые), TIFF BITMAP (штриховые), EPS, JPEG, с разрешением 300 dpi для полутоновых, 600 dpi для штриховых и в размерах, желательных для размещения.

2. Статья должна содержать реферат объемом до 300 знаков, ключевые слова и библиографо-библиотечный индекс УДК. Автор указывает ученую степень, ученое звание, место работы, должность и контактный телефон, а также дает в письменной форме разрешение редакции журнала на размещение статьи в Интернете и Научной электронной библиотеке после публикации в журнале. Статья представляется с рецензией.

3. Статьи соискателей и аспирантов принимаются к публикации на бесплатной и безгонорарной основе.

4. Контрольное рецензирование этих статей осуществляет редакционная коллегия с привлечением при необходимости профильных специалистов. Рецензии на статьи хранятся в редакции журнала в течение 5 лет.

5. В случае отказа в публикации автору высылается рецензия. Копии рецензий направляются в Минобрнауки России при поступлении соответствующего запроса в редакцию журнала.

6. Содержание журнала ежеквартально представляется на рассмотрение редакционному совету. Решение о выпуске очередного номера оформляется протоколом.

РЕФЕРАТЫ

УДК 629.5 **Ключевые слова:** АО «ЦМКБ «Алмаз», пограничный сторожевой корабль 1-го ранга, пр. «Океан», проектирование, ТТЭ

Б.А. Лейкис, Н.Н. Комаров, Д.Ю. Литинский. Пограничный сторожевой корабль 1-го ранга проекта 22100 «Океан» // Морской вестник. 2017. № 2 (62). С. 7

История проектирования ПСКР 1-го ранга в интересах Главного управления пограничных войск КГБ СССР для охраны 200-мильной исключительной экономической зоны в 1980–1985 гг. Приведены особенности его компоновочных решений, тактико-технических элементов, условий обитания. Ил. 10. Библиогр. 3 назв.

УДК 623.82 **Ключевые слова:** проект 22870, аварийно-спасательное судно, оборудование, характеристика

Е.А. Песков. Универсальное аварийно-спасательное судно для ВМФ // Морской вестник. 2017. № 2 (62). С. 13

Рассмотрены основные особенности и ключевые характеристики аварийно-спасательного судна пр. 22870, основные и дополнительные задачи, выполняемые данным судном, установленное оборудование и специальные средства. Ил.4. Библиогр. 4 назв.

УДК 629.5.01 **Ключевые слова:** Сахалин, морской паром, арктический класс, безопасность, пассажировместимость, обводы

Г.В. Егоров, И.А. Ильницкий. Обоснование параметров нового железнодорожно-автомобильно-пассажирского парома для линии Ванино–Холмск. Часть 2 // Морской вестник. 2017. № 2 (62). С. 15

Продолжение статьи, опубликованной в журнале «Морской вестник», 2017, № 1 (61) и посвященной особенностям нового парома для линии «Ванино–Холмск». В части 2 основное внимание уделено разработке обводов его корпуса.Т. 1. Ил. 11. Библиогр. 5 назв.

УДК629.12:533 **Ключевые слова**: зона отрыва потока, эксперимент по визуализации течения, вертикальная гидродинамическая труба, надстройка надводной части судна, численное моделирование отрывных зон

А.С. Гузеев, А.И. Короткин, Е.А. Морозова (Бусоргина), Т.И. Сайфуллин. Управление отрывом потока с помощью уступа на обтекаемой поверхности // Морской вестник. 2017. № 2 (62). С. 20

Рассмотрена возможность управления зоной отрыва течения с помощью уступа, расположенного на обтекаемой поверхности. Решение данной задачи представляет практический интерес для уменьшения задымляемости надводных частей судна, а также для улучшения условий взлета и посадки вертолетов в условиях близости надстроек. Выполнено экспериментальное исследование в вертикальной гидродинамической трубе, а также численное моделирование на основе математической модели, включающей в себя систему уравнений Рейнольдса и уравнение неразрывности. Проведено сравнение результатов эксперимента и численных расчетов. Ил. 7. Библиогр. 8 назв.

УДК629.12 **Ключевые слова:** федеральный закон, подзаконный акт, отсылочная норма

И.Л. Вайсман. Только прямое действие. Необходимо прекратить практику включения в федеральные законы многочисленных отсылочных норм // Морской вестник. 2017. № 2 (62). С. 25

Обозначена позиция Ассоциации судостроителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области, объединяющей 60 предприятий и организаций отрасли, по вопросу о необходимости изменений в ряде действующих федеральных законов для увеличения объемов выпуска современной высокотехнологичной оборонной и гражданской продукции. Для решения этого, а также исключения появления подзаконных актов рекомендуется привлекать к разработке законопроектов соответствующих специалистов.

УДК 629.12 **Ключевые слова:** импортозамещение, успешность импортозамещения, иностранные компании, локализация

А.С. Соловьев. Импортозамещение и локализация производства судового оборудования в гражданском судостроении // Морской вестник. 2017. № 2 (62). С. 26

Дан анализ современного состояния работ по замещению импорта в гражданском сегменте российской судостроительной промышленности, рассмотрены основные факторы, влияющие на успешность импортозамещающих производств, отмечена целесообразность локализации производств иностранных компаний в Российской Федерации для сложного судового оборудования. Библиогр. 3 назв.

УДК 539.3 **Ключевые слова**: глубоководный иллюминатор

Н.М. Вихров, В.П. Лянзберг. Некоторые общие подходы к проектированию иллюминаторов высокого давления // Морской вестник. 2017. № 2 (62). С. 31

Дан обзор и анализ конструкций иллюминаторов глубоководных аппаратов и барокамер. Приведены некоторые общие подходы к проектированию, изготовлению и оценке несущей способности изделий. Выводы сделаны на основании собственного опыта исследования, изготовления, авторского надзора, работ института «Проблем прочности академии наук Украины» и американских исследователей, работы которых положены в основу Правил классификации и постройки подводных аппаратов и глубоководных водолазных комплексов. Ил.1. Библиогр. 22 назв.

УДК 658.5 **Ключевые слова**: антикоррозионная защита, ЛКМ, технология, контроль качества, гарантийные обязательства

С.Г. Филимонов. Ошибки в организации системы контроля качества малярного производства на судостроительных предприятиях // Морской вестник. 2017. № 2 (62). С. 33

Рассмотрен полный цикл производства антикоррозионной защиты металла и контроля качества очистки поверхности и нанесения лакокрасочных материалов в условиях крупного судостроительного предприятия. Обозначены проблемы организации системы контроля качества и выполнения гарантийных обязательств на лакокрасочное покрытие. Показаны примеры успешного решения данной проблемы.

УДК 621.3 **Ключевые слова:** интеграция, отрасль, результат производства, сопоставление результатов, стратегический анализ, судостроение, управление

А.В. Иванкович. Отраслевое управление. Прошлое, настоящее и будущее // Морской вестник. 2017. № 2 (62). С. 36

Рассмотрены возможности развития системы управления, которое возможно в логике навигационного планирования. Обозначены пути реализации этого планирования. Особое внимание уделено интеграционным тенденциям предприятий отрасли, консолидатором форм интеграции (отрасль, холдинг, концерн, сетевая структура, кластер, укрупненное предприятие). Показано, что миссия отрасли логически разворачивается в непротиворечивую матрицу индикаторов, подходящих для основы отраслевого управления.Т. 2. Ил. 1.

УДК: 658.531: 629.5. 074 **Ключевые слова:** реконструкция судостроительного производства, судокорпусной цех, имитационное моделирование, физико-математическая модель

В.И. Дорофеев, В.Н. Кляхин, А.Б. Фомичев. Методы обоснования направлений модернизации судосборочного цеха судостроительного предприятия на базе имитационного моделирования // Морской вестник. 2017. № 2 (62). С. 40

Представлен анализ основных проблем реконструкции судостроительного производства, отражены основные цели и задачи реконструкции. Особое внимание уделено поиску оптимальных решений по реконструкции корпусосборочного производства. Отражены подходы к моделированию, разработана физико-математическая модель функционирования судокорпусного цеха как структурного подразделения судостроительного предприятия, отражены подходы к её применению в интересах реконструкции судостроительного производства. Ил. 1. Библиогр. 3 назв.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** АО «Компрессор», основное развитие, продукция

Л.Г. Кузнецов. АО «Компрессор» – 140 лет на службе России // Морской вестник. 2017. № 2 (62). С. 44

Подробно рассказано о создании завода «Компрессор», его преобразовании в АО «Компрессор» – современное предприятие, продукция которого востребована не только в судостроении, но и в других отраслях промышленности. Это компрессорные станции СКАВ 20/30 М, АГНКС, установки подготовки импульсного газа, блоки фильтров подготовки газа, компрессоры для РЖД и др. Выпускаемая акционерным обществом продукция постоянно обновляется на основе применения новых технологий, материалов и инновационных решений. Ил. 12.

УДК 82–94 **Ключевые слова:** изделие, квалификация, комплекс, краны, манипуляторы, проектирование, развитие, распределители, система управления, создание, специалисты

М.А. Александров, А.Г. Богданов. «ЦНИИ СМ»: состояние и перспективы развития судового машиностроения // Морской вестник. 2017. № 2 (62). С. 49

Рассмотрены современные возможности исследования и проектирования изделий судового машиностроения ЗАО «ЦНИИ СМ». Определены характерные особенности развития элементов взлётно-посадочного комплекса, универсального устройства приёма и передачи грузов, палубных кранов, кранов-манипуляторов, судовых электрогидравлических рулевых машин, лебёдок различного назначения, шпилей, электромагнитных распределителей, а также систем управления и контроля изделий судового машиностроения. Обозначены особенности повышения квалификации сотрудников для обеспечения проектирования конкурентоспособных изделий и подготовки специалистов в СПбГМТУ. Отмечены проблемные вопросы, решение которых необходимо в кратчайшее время с целью создания конкурентоспособных изделий судового машиностроения. Библиогр. 5 назв.

УДК 621.355: 658.2 **Ключевые слова:** гидропривод, давление, использование, конструкция, крышка, кулисный механизм, мощность, назначение, насос, пропорциональное управление

С.М. Дудин, А.Ю. Мазуренко. Оценка возможности пропорционального управления корабельным гидроприводом // Морской вестник. 2017. № 2 (62). С. 53

Описаны конструктивные особенности гидропривода с кулисным механизмом. Рассмотрена возможность пропорционального управления гидроприводом Ил. 4. Библиограф. 5 назв.

УДК 621.7.02 **Ключевые слова:** Мировой океан, очистка, опреснение, импортозамещение, новое оборудование, сточные воды, льяльные воды, балластные воды

П.Ю. Петров, Л.В. Медовников. Оборудование для предотвращения загрязнения вод Мирового океана // Морской вестник. 2017. № 2 (62). С. 57

Описаны способы сохранения чистоты вод Мирового океана, новое оборудование по очистке вод и подготовки пресной питьевой воды, разработанное в рамках программы импортозамещения, приведены результаты испытаний оборудования.Т. 2. Ил. 3. Библиогр. 4 назв.

УДК 086 **Ключевые слова:** история предприятия, трубопроводная арматура, литейное производство, проектирование, производство полного цикла

П.А. Лебедева. История развития машиностроительного предприятия АО «Армалит» // Морской вестник». 2017. № 2 (62). С. 60

Рассмотрены исторические этапы возникновения, становления и развития машиностроительного завода «Армалит» с 1878 г. по настоящее время. Ил. 10. Библиогр. 7 назв.

УДК 621.3 **Ключевые слова:** ток замыкания, сопротивление нейтрали, емкостная проводимость

Г.Н. Цицикян, Ю.Д. Баранов. Влияние способа заземления нейтрали на ток замыкания в ЭЭС // Морской вестник. 2017. № 2 (62). С. 64

Приведены формулы, позволяющие рассчитывать токи замыкания через тело человека при различных режимах нейтрали. На основании двух подходов представлен ряд числовых примеров, отражающих важность определения емкостной проводимости системы при ограничении тока однофазного замыкания для случая металлического замыкания. Приведено ключевое неравенство, разграничивающее режимы высокоомной и резистивной нейтрали. Ил. 3. Библиогр. 8 назв.

УДК 629.12 **Ключевые слова:** источник питания, мощность, параллельная работа, нагрузка

А.Г. Сотников, В.А. Люцков, А.В. Соколов, В.А. Храпковский. Распределение мощности источников питания при параллельной работе на общую нагрузку // Морской вестник. 2017. № 2 (62). С. 66

Предложен метод выравнивания нагрузки большого числа параллельно работающих преобразователей напряжения. В качестве лимитирующего фактора на параллельно включенных мощных источников питания. К недостатку данного подхода следует отнести сложность реализации, так как для построения каждого отдельного модуля требуется микроконтроллер с CAN шиной. Ил. 2.

УДК 669.018, 669.224.**Ключевые слова:** термическая усталость, стеснение деформации, напряжения

Е.А. Тихомирова. Проблемы термической усталости и особенности развития разрушения при термоциклических испытаниях материалов // Морской вестник. 2017. № 2 (62). С. 71

Термическая усталость – актуальная проблема в судовом энергомашиностроении, авиационном двигателестроении и других областях техники. В настоящее время ей уделяется слишком мало внимания, хотя многие аспекты накопления деформации и разрушения, сопровождающие ее, необходимо дополнить новым пониманием. Статья посвящена проблемам термической усталости и ее развитию в термоциклических испытаниях. Ил. 1. Библиогр.10 назв.

УДК 621.398.25 **Ключевые слова:** морской объект, электромагнитная стойкость, технические средства, научно-техническое сопровождение, мощные силовые преднамеренные электромагнитные воздействия

А.М. Вишневский, Б.Н. Городецкий, А.И. Горшков, Е.А. Свядощ. Научно-техническое сопровождение работ при реализации технологии защиты морских объектов от мощных электромагнитных воздействий // Морской вестник. 2017. № 2 (62). С.75

Рассмотрена технология обеспечения стойкости технических средств современных морских объектов при мощных электромагнитных воздействиях. Технология обеспечивается путём научно-технического сопровождения работ на всех стадиях проектирования, строительства и сдаточных испытаний морских объектов. Библиогр. 4 назв.

УДК 623.7.017.1 **Ключевые слова**: электронный полигон, селекция целей, целераспределение, корабельное соединение, главная цель, ПРО, залп ПКР, СОИР, эффективность залпа

Г.А. Коржавин, Ю.Ф. Подоплёкин. Электронный полигон и его роль в исследовании эффективности целераспределения залпа противокорабельных ракет // Морской вестник. 2017. № 2 (62). С.79

Проанализирована технологическая концепция имитационного моделирования сложных систем морских ракетных вооружений в виде электронного полигона, ориентированная на значительное сокращение натурных испытаний. Дана краткая характеристика моделей, образующих подпространства электронного полигона. Рассмотрено моделирование задачи целераспределения ракет залпа при стрельбе по групповой надводной цели в условиях противодействия противника. Приведены численные результаты моделирования для различных типовых ситуаций расположения главной цели в составе ордера.Т. 5. Ил. 2. Библиогр.1 назв.

УДК 004.032.2:681.324 **Ключевые слова**: сетевое планирование, сетевая модель, синтез сетевой модели, параметры сетевой модели, матрица смежности, критический путь, критическая длительность, конструкторская документация, автоматизация

Р.В. Брезгин, В.В. Кобзев. Управление разработкой конструкторской документации на этапе проектирования изделия в составе жизненного цикла // Морской вестник. 2017. № 2 (62). С. 83

Рассмотрены вопросы использования сетевых моделей и автоматизации определения параметров сетевых моделей при сетевом планировании процессов создания конструкторской документации на сложные изделия. На основе анализа этапов планирования разработки конструкторской документации на изделия морского приборостроения предложено математическое определение сетевой модели, основу которого составляют биективно связанные ориентированный граф причинно-следственных связей документов и матрица смежности. Основными параметрами сетевой модели являются критический путь и критическая длительность – новый параметр, определяющий максимальную длительность, в течение которой должны завершиться все работы по созданию документации, включенные в сетевую модель. Для использования предложенной сетевой модели при решении задач сетевого планирования в автоматизированных системах предложен метод автоматизированного формирования сетевой модели, основанный на способе топологической сортировки ориентированного графа. Для реализации предложенного метода разработаны алгоритмы определения критической длительности и критического пути на основе формальной обработки матрицы смежности. Рассмотрены ограничения использования предложенной сетевой модели.Т. 4. Ил. 6. Библиогр. 4 назв.

УДК 621.396.49 **Ключевые слова:** АИС, АСОД, VDES, множественный доступ с временным разделением каналов TDMA, частоты морской подвижной службы, фазовая манипуляция, амплитудно-фазовая модуляция

Е.Л. Гайдук. Автоматическая система обмена данными: новые технологии для е-навигации // Морской вестник. 2017. № 2 (62). С. 91

Проиллюстрирован один из недостатков АИС – ее низкая пропускная способность. Показаны методы, с помощью которых этот недостаток преодолевается в разрабатываемой автоматической системе обмена данными (АСОД) для наземных линий связи. Статья основана на материалах конференции Международной ассоциации маячных служб по проблемам е-Навигации, прошедшей в Париже в марте 2017 г.Т. 9. Ил. 12. Библиогр. 9 назв.

УДК 629.5.061 **Ключевые слова**: автоматизация технологических процессов на судне, управление динамическими объектами, интегрированная мостиковая система, оптимизация расхода топлива

П.В. Голубев. Интегрированные мостиковые системы: использование численного метода оптимального распределения ресурсов // Морской вестник. 2017. № 2 (62). С. 97

Рассмотрен алгоритм для оптимизации режимов движения судна путем распределения времени движения (основного ресурса) по процессам (участкам пути с различными путевыми условиями). Ил. 3. Библиогр. 7 назв.

УДК 629.5.052.9**Ключевые слова**: НИР «Мостик-2015», интегрированная мостиковая система, совершенствование, панель управления

К.А. Смирнов, В.Г. Дзюба, П.Г. Федоров, О.Н. Арбузов. Разработка нового облика интегрированной мостиковой системы // Морской вестник. 2017. № 2 (62). С. 101

Проанализированы результаты НИР «Мостик-2015», выполненной АО «Морские навигационные системы», позволяющие наметить пути совершенствования интегрированных мостиковых систем (ИМС) в целях обеспечения безопасности мореплавания и выполнения различных задач, в том числе боевых. Особое внимание уделено модернизации панели управления. Кроме того, предусмотрена возможность использования ИМС для тренировки состава экипажей кораблей. Ил. 10. Библиогр. 3 назв.

УДК 656.6:551.48 **Ключевые слова:** навигационно-гидрографическое обеспечение, морская деятельность, военно-морской флот, научно-исследовательская работа, морские научные исследования, морские средства навигации, производство техники, проектирование, информационное обеспечение

А.Ф. Зеньков. Реализация научного и производственного потенциала АО «ГНИНГИ» на современном этапе развития при решении задач навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности // Морской вестник. 2017. № 2 (62). С. 107

Рассмотрена деятельность АО «ГНИНГИ», направленная на решение задач навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности. Приведены сведения о наиболее важных работах, проектах, продукции и услугах АО «ГНИНГИ» и управляемых организаций.Т. 1. Ил. 4. Библиогр. 5 назв.

УДК 629.124.791 **Ключевые слова:** ледяной покров, снег, ледовое сопротивление, приведенная толщина льда

Е.М. Грамузов, Б.П. Ионов, Н.Е. Тихонова. Учет снега при определении приведенной толщины ледяного покрова // Морской вестник. 2017. № 2 (62). С. 112

В природе практически не встречается ледяной покров, не покрытый снегом. Для сравнения ледопроходимости судов в ледовых условиях, отличающихся по толщине льда и снега, удобно использовать приведенную толщину льда. Под этой величиной понимают условную толщину бесснежного льда, при которой ледокол испытывает такое же ледовое сопротивление, как и при наличии снега на ледяном покрове. Для получения расчетных зависимостей вычислены ледовое сопротивление и сопротивление снега движению ледокола, учитывающие особенности формы его корпуса. Показано, что приведенная толщина ледяного покрова с учетом снега зависит не только от толщины их, но и от геометрических параметров ледокола и скорости его движения. Наличие снега на ледяном покрове существенно увеличивает приведенную толщину льда и полное ледовое сопротивление. Получены формулы для определения приведенной толщины льда.Т. 1. Ил. 4. Библиогр. 4 назв.

УДК 061.4:623 **Ключевые слова:** шельф, углеводороды, плавучая платформа, подводная технология, механизмы развития

А.Е. Козярук, Б.Ю. Васильев, А.И. Ивановский. Анализ развития технических средств освоения нефтегазовых месторождений // Морской вестник. 2017. № 2 (62). С. 115

Проанализированы достижения, состояние, перспективы и механизмы развития шельфового сегмента нефтегазовой промышленности РФ. Рассмотрены крупнейшие шельфовые проекты, реализуемые в Охотском море на тихоокеанском шельфе, в Баренцевом и Печорском морях на арктическом шельфе и в Каспийском море. Показано, что для эффективного освоения арктического шельфа целесообразно развитие подводной техники и технологий (подводные буровые установки, подводные перекачивающие комплексы, подводные комплексы подготовки углеводородов), позволяющих эксплуатировать подводные месторождения вне зависимости от ледовой обстановки. Рассмотрены эффективные механизмы развития научно-исследовательской, опытно-конструкторской, производственно-испытательной и организационно-финансовой инфраструктуры страны для развития шельфовых проектов и промышленности, а также механизмы интенсификации производства перспективных технических средств освоения шельфа и привлечения инвестиций в эту сферу промышленности. Ил. 4. Библиогр. 12 назв.

УДК 629.5 **Ключевые слова**: эскадренный миноносец, ракетный крейсер, пр. 58, В.А. Никитин

В.Е. Юхнин. Проект 58: из эскадренного миноносца в ракетный крейсер // Морской вестник. 2017. № 2 (62). С. 121

Знакомит с историей проектирования ракетного крейсера пр.58, ставшего «лебединой песней» кораблестроителя В.А. Никитина. Приведены тактико-технические характеристики этого крейсера, за основу которого был взят теоретический чертеж корпуса эсминца пр.56. Т. 1. Ил. 7.

УДК 629.5 **Ключевые слова**: морской госпиталь, история медицины

М.И. Лобанова, М.И. Роскостов, Е.А. Никитин. Кронштадтский военно-морской госпиталь: 300 лет со дня основания // Морской вестник. 2017. № 2 (62). С. 125

В 1717 г. по указу Петра I на о. Котлин основывается морской госпиталь. История Кронштадтского военно-морского госпиталя неразрывно связана со становлением Балтийского флота и его морской крепости Кронштадт. После реорганизационных мероприятий постсоветского периода Кронштадтский военно-морской госпиталь находится на сложном пути восстановления своего былого могущественного статуса. Деятельность, заслуги и авторитет морских врачей госпиталя исключительно высоки и не должны меркнуть с годами. Ил. 1. Библиогр. 5 назв.

REQUIREMENTS FOR THE PREPARATION OF ARTICLES AND THE TERMS OF THEIR SUBMISSION

1. Authors shall submit articles of up to 20,000 characters, including figures, in electronic form. The text shall be typed in MS Word under Windows, formulas – in the equation editor "MathType." Illustrations present in the article shall be submitted additionally, in the following formats: TIFF CMYK (full color), TIFF GRAYSCALE (grayscale), TIFF BITMAP (dashed), EPS, JPEG, with resolution of 300 dpi for grayscale figures and 600 dpi for dashed ones and in sizes desired for placement.

2. Articles shall contain an abstract of up to 300 characters, keywords, and bibliographic library UDC identifier. Authors shall indicate their degree, academic status, place of employment, job position, and telephone number, as well as provide a written permission of the Editor to place articles on the Internet and in the Scientific Electronic Library after publication in the journal. Articles shall be submitted with reviews.

3. The articles of postgraduate and degree-seeking students shall be accepted for publication on a free and royalty-free basis.

4. The control review of these articles shall be performed by the editorial board, with the assistance of dedicated experts, if necessary. Reviews of articles are stored in editorial office of the magazine within 5 years.

5. In case of refusal to publish articles, reviews shall be sent to authors. Copies of reviews go to the Ministry of Education and Science of the Russian Federation at receipt of the corresponding inquiry in editorial office of the magazine.

6. The contents of the journal shall be submitted to the editorial board quarterly. The decision concerning the next issue of the journal shall be formally established with the protocol.

SUMMARIES

UDC 629.5 **Keywords**: JSC Almaz CMDB, border guard ship of the 1st rank, Okean project, design, performance characteristics

B.A. Leikis, N.N. Komarov, D.Yu. Litinsky. Border patrol ship of the first rank of project 22100 «Ocean» // Morskoy Vestnik. 2017. № 2 (62).P. 7.

The history of the designing of the 1st rank border guard ship in the interests of the Main Directorate of Border Guards of the KGB of the USSR for the protection of the 200-mile exclusive economic zone in 1980–1985. The features of its layout solutions, tactical and technical elements, habitat conditions are given. Fig. 10. Bibliography 3 titles.

UDC 623.82 **Keywords**: project 22870, rescue vessel, equipment, characteristics

E.A. Peskov. Universal salvage vessel for the Navy // Morskoy Vestnik. 2017. № 2 (62).P. 13

The main features and key characteristics of the rescue vessel project 22870, the main and additional tasks performed by this vessel, installed equipment and special means are considered. Fig. 4. Bibliography 4 titles.

UDC 629.5.01 **Keywords**: Sakhalin, sea ferry, Arctic class, safety, passenger capacity, contours

G.V. Egorov, I.A. Il'nitsky. Substantination of rail-car and passenger ferry parameters for Vanino–Kholmsk shipping line. Part 2 // Morskoy Vestnik. 2017. № 2 (62). P.15

Continuation of the article published in the Morskoy Vestnik magazine, 2017, № 1(61) and devoted to the features of the new ferry for the Vanino–Kholmsk shipping line. Part 2 focuses on the design of the contours of its hull. T.1. Fig.11. Bibliography 5 titles.

UDC 629.12: 533 **Keywords**: flow separation zone, flow visualization experiment, vertical hydrodynamic pipe, superstructure of the vessel, numerical modeling of tear-off zones

A.S. Guzeev, A.I. Korotkin, E.A. Morozova (Busorgina), T.I. Sayfullin. Controlling the separation of the flow by means of a ledge on a streamlined surface // Morskoy Vestnik. 2017. № 2 (62). P.20

The possibility of controlling the zone of flow separation by means of a ledge located on a streamlined surface is considered. The solution of this problem is of practical interest for reducing the smokeiness of the surface parts of the vessel, as well as for improving the conditions for takeoff and landing of helicopters in the vicinity of superstructures. An experimental study in a vertical hydrodynamic tube is performed, as well as numerical simulation based on a mathematical model that includes the Reynolds equations system and the continuity equation. The results of the experiment and numerical calculations are compared. Fig. 7. Bibliography 8 titles.

UDC 629.12 **Keywords**: federal law, by-law, reference rule

I.L. Vaisman. Only direct action. It is necessary to stop the practice of including in the federal laws numerous referential norms // Morskoy Vestnik. 2017. № 2 (62). P. 25

The position of the Association of Shipbuilders of St. Petersburg and the Leningrad Region, uniting 60 enterprises and organizations of the shipbuilding industry, is indicated on the need for changes in a number of existing federal laws to increase the production of modern high-technology defense and civilian products. To solve this, as well as to exclude the appearance of by-laws it is recommended to involve relevant specialists in the drafting of bills.

UDC 629.12 **Keywords**: import substitution, success of import substitution, foreign companies, localization

A.S. Solov'yov. Import substitution and localization of production of ship equipment in civil shipbuilding // Morskoy Vestnik. 2017. № 2 (62). P.26

The analysis of the current state of work on import substitution in the civilian segment of the Russian shipbuilding industry is given, the main factors affecting the success of import-substituting industries are discussed, and the expediency of localizing the production of foreign companies in the Russian Federation for complex ship equipment is noted. Bibliography 3 titles.

UDC 539.3 **Keywords**: deep-sea porthole

N.M. Vikhrov, V.P. Lyanzberg. Some common approaches to the design of high-pressure portholes // Morskoy Vestnik. 2017. № 2 (62). P.31

A review and analysis of the constructions of the portholes of deep-sea vessels and pressure chambers is given. Some general approaches to the design, fabrication and evaluation of the bearing capacity of articles are given. The conclusions are based on their own experience of research, fabrication, author's supervision, the work of the Institute «Problems of Strength of the Academy of Sciences of Ukraine» and American researchers whose work is the basis for the Rules for the Classification and Construction of Submarine Devices and Deepwater Diving Complexes. Fig.1. Bibliography 22 titles.

UDC 658.5 **Keywords:** anticorrosive protection, coatings, technology, quality control, warranty obligations

S.G. Filimonov. Errors in the organization of the quality control system of painting production at shipbuilding enterprises // Morskoy Vestnik. 2017. № 2 (62). P.33

A full cycle of production of anticorrosion protection of metal and quality control of surface cleaning and application of paint and varnish materials in the conditions of a large shipbuilding enterprise is considered. The problems of the organization of the quality control system and fulfillment of guarantee obligations for the paint and varnish covering are indicated. Examples of successful solutions to this problem are shown.

UDC 621.3 **Keywords**: integration, industry, result of production, results comparison, strategic analysis, shipbuilding, management

A.V. Ivankovich. Branch management. The past, the present and the future // Morskoy Vestnik. 2017. № 2 (62). P.36

The possibilities of development of the control system, which is possible in the logic of navigation planning, are considered. The ways of realization of this planning are indicated. Particular attention is paid to the integration trends of industry enterprises, the consolidator of integration forms (industry, holding, concern, network structure, cluster, integrated company). It is shown that the mission of the industry logically unfolds into a consistent matrix of indicators suitable for the basis of sectoral management. T. 2. Fig. 1.

UDC 658.531: 629.5. 074 **Keywords**: shipbuilding production reconstruction, ship-building workshop, simulation simulation, physical-mathematical model

V.I. Dorofeev, V.N. Klyakhin, A.B. Fomichev. Methods of justifying the directions of modernization of the shipbuilding shop of the shipbuilding enterprise on the basis of simulation modeling // Morskoy Vestnik. 2017. № 2 (62). P.40

The analysis of the main problems of reconstruction of shipbuilding production is presented, the main goals and tasks of reconstruction are reflected. Particular attention is paid to the search for optimal solutions for the reconstruction of the hull assembly production. Reflected approaches to modeling, developed a physico-mathematical model of the functioning of the shipbuilding shop as a structural unit of the shipbuilding enterprise, reflects the approaches to its application in the interests of reconstruction of shipbuilding. Fig. 1. Bibliography 3 titles.

UDC 629.5 **Keywords**: JSC Compressor, main development, products

L.G. Kuznetsov. JSC Compressor – 140 years in the service of Russia // Morskoy Vestnik. 2017. № 2 (62). P.44

The details of the creation of the Compressor plant and its transformation into Compressor are a modern enterprise whose products are in demand not only in shipbuilding but also in other industries. These are compressor stations SCAV 20/30M, CNGS, pulsed gas preparation units, gas preparation filters, compressors for Russian Railways, etc. The products produced by the joint-stock company are constantly being updated on the basis of application of new technologies, materials and innovative solutions. Fig. 12.

UDC 82–94 **Keywords**: product, qualification, complex, cranes, manipulators, design, development, distributors, management system, creation, specialists

M.A. Aleksandrov, A.G. Bogdanov. CRIME: the state and prospects of shipbuilding industry development // Morskoy Vestnik. 2017. № 2 (62). P.49

The modern possibilities of research and design of ship mechanical engineering products of JSC CRIME are considered. The characteristic features of the development of the elements of the take-off and landing complex, the universal device for receiving and transferring cargo, deck cranes, manipulator cranes, ship electro-hydraulic steering machines, winches for various purposes, spiers, electromagnetic distributors, and control and monitoring systems for shipbuilding products. The specifics of staff development for the provision of design of competitive products and training specialists at SMTU. The author points out the problematic issues, the solution of which is necessary in the shortest possible time with the goal of creating competitive shipbuilding products. Bibliography. 5 titles.

UDC 621.355: 658.2 **Keywords**: hydraulic drive, pressure, use, construction, cover, rocker mechanism, power, purpose, pump, proportional control

C.M. Dudin, A.Yu. Mazurenko. Evaluation of the possibility of proportional control of the ship's hydraulic drive // Morskoy Vestnik. 2017. № 2 (62). P.53

The design features of a hydraulic drive with a rocking mechanism are described. The possibility of proportional control of hydraulic drive. Fig. 4. Bibliography 5 titles.

UDC 621.7.02 **Keywords**: World Ocean, purification, desalination, import substitution, new equipment, sewage, bilge water, ballast water

P.Yu. Petrov, L.V. Medovnikov. Equipment to prevent pollution of the waters of the World Ocean // Morskoy Vestnik. 2017. № 2 (62). P.57

Ways of preserving the purity of the waters of the World Ocean, new equipment for water purification and preparation of fresh drinking water, developed as part of the import substitution program are described, and the results of testing the equipment are given. T. 2. Fig. 3. Bibliography 4 titles.

UDC 086 **Keywords:** company history, pipeline armature, foundry, design, full cycle production

P.A. Lebedeva. History of the development of the machine-building enterprise of JSC Armalit // Morskoy Vestnik. 2017. № 2 (62). P.60

The historical stages of the emergence, formation and development of the machine-building plant «Armalit» from 1878 to the present are considered. Fig. 10. Bibliography 7 titles.

UDC 621.3 **Keywords:** fault current, neutral resistance, capacitive conductivity

G.N. Tsitsikyan, Yu.D. Baranov. Influence of the method of grounding of the neutral on the closing current in the power plant // Morskoy Vestnik. 2017. № 2 (62). P.64

Formulas are given that allow calculating the closing currents through the human body under various neutral conditions. On the basis of the two approaches, a number of numerical examples are presented, reflecting the importance of determining the capacitive conductivity of the system when limiting the single-phase short-circuit current for the case of a metal closure. The key inequality that separates the modes of a high-resistance and resistive neutral is given. Fig. 3. Bibliography 8 titles.

UDC 629.12 **Keywords**: power supply, power, parallel operation, load

A.G. Sotnikov, V.A. Lyutskov, A.V. Sokolov, V.A. Khrapkovsky. Power distribution of power sources in parallel operation for the total load. // Morskoy Vestnik. 2017. № 2 (62). P.66

A method for load balancing of a large number of parallel voltage converters is proposed. As a limiting factor on parallel power supplies. The disadvantage of this approach is the complexity of the implementation, since the construction of each individual module requires a microcontroller with CAN bus. Fig. 2.

UDC 669.018, 669.224 **Keywords**: thermal fatigue, straining of strain, stress

E.A. Tikhomirova. Problems of Thermal Fatigue and Features of Development of Fracture in Thermocycling Tests of Materials // Morskoy Vestnik. 2017. № 2 (62). P.71

Thermal fatigue is an urgent problem in ship power engineering, aircraft engine building and other fields of engineering. Currently, too little attention has been paid to it, although many aspects of the accumulation of deformation and destruction accompanying it need to be supplemented by a new understanding. The article is devoted to the problems of thermal fatigue and its development in thermocyclic tests. Fig. 1. Bibliography 10 titles

UDC 621.398.25 **Keywords**: marine object, electromagnetic stability, technical means, scientific and technical support, powerful forceful intentional electromagnetic influences

A.M. Vishnevsky, B.N. Gorodetsky, A.I. Gorshkov, E.A. Svyadoshch. Scientific and technical support of works in the implementation of the technology of protection of marine objects from powerful electromagnetic influences // Morskoy Vestnik. 2017. № 2 (62). P.75

The technology of ensuring the durability of technical means of modern marine facilities under powerful electromagnetic influences is considered. The technology is provided by scientific and technical support of works at all stages of design, construction and commissioning tests of offshore facilities. Bibliography 4 titles.

UDC 623.7.017.1 **Keywords**: electronic range, target selection, target distribution, shipboard connection, main target, missile defense, ASM salvo, SOIRE, salvo efficiency

G.A. Korzhavin, Yu.F. Podoplyokin. Electronic polygon and its role in the study of the effectiveness of the target distribution of a salvo of anti-ship missiles // Morskoy Vestnik. 2017. № 2 (62). P.79

The technological concept of simulation modeling of complex systems of naval missile armaments in the form of an electronic test site, focused on a significant reduction of field tests, is analyzed. A brief description of the models forming the subspaces of the electronic polygon is given. The simulation of the problem of the target distribution of the volley missiles during firing at the group surface target in the conditions of enemy counteraction is considered. Numerical results of modeling for various typical situations of the location of the main goal in the order are given. T. 5. Fig. 2. Bibliography 1 title

UDC 004.032.2: 681.324 **Keywords**: network planning, network model, network model synthesis, network model parameters, adjacency matrix, critical path, critical duration, design documentation, automation

R.V. Brezgin, V.V. Kobzev. Management of the development of design documentation at the stage of product design as part of the life cycle // Morskoy Vestnik. 2017. № 2 (62). P.83

The problems of using network models and automating the determination of the parameters of network models in the network planning of the processes of creating design documentation for complex products are considered. Based on the analysis of planning stages for the development of design documentation for marine instrumentation products, a mathematical definition of a network model is proposed, based on a bijectively related oriented graph of cause-effect relations of documents and an adjacency matrix. The main parameters of the network model are the critical path and the critical duration – a new parameter that determines the maximum duration during which all documentation work included in the network model should be completed. To use the proposed network model in solving network planning tasks in automated systems, a method of automated network model generation based on the method of topological sorting of an oriented graph is proposed. To implement the proposed method algorithms for determining the critical duration and critical path are developed on the basis of formal processing of the adjacency matrix. The limitations of using the proposed network model are considered. T.4. Fig. 6. Bibliography. 4 titles.

UDC 621.396.49 **Keywords**: AIS, ASOD, VDES, time division multiple access TDMA, frequencies of the maritime mobile service, phase shift keying, amplitude-phase modulation

E.L. Haiduk. Automatic data exchange system: new technologies for e-Navigation // Morskoy Vestnik. 2017. № 2 (62). P.91

One of the shortcomings of AIS is illustrated: its low throughput. The methods by which this deficiency is overcome in the developed automatic data exchange system (ASOD) for terrestrial communication lines are shown. The article is based on the materials of the conference of the International Association of Lighthouse Services on e-Navigation, held in Paris in March 2017. T.9. Fig. 12. Bibliography 9 titles.

UDC 629.5.061 **Keywords**: automation of technological processes on the ship, management of dynamic objects, integrated bridge system, optimization of fuel consumption

P.V. Golubev. Integrated bridged systems: the use of a numerical method for the optimal allocation of resources // Morskoy Vestnik. 2017. № 2 (62). P.97

An algorithm is considered for optimizing the modes of vessel motion by distributing the time of movement (the main resource) by processes (sections of the path with different path conditions). Fig. 3. Bibliography 7 titles.

UDC 629.5.052.9 **Keywords**: «Mostik-2015» integrated bridge system, improvement, control panel

K.A. Smirnov, V.G. Dzyuba, P.G. Fedorov, O.N. Arbuzov. Development of a new appearance of an integrated bridge system // Morskoy Vestnik. 2017. № 2 (62). P.101

The results of the research work «Mostik-2015», carried out by the Marine bridge and navigation systems LTD, are analyzed, allowing to outline ways to improve integrated bridge systems (IMS) in order to ensure the safety of navigation and the performance of various tasks, including combat ones. Particular attention is paid to the modernization of the control panel. In addition, it is possible to use IC for training crews of ships. Fig. 10. Bibliography 3 titles.

UDC 656.6: 551.48 **Keywords**: navigation and hydrographic support, marine activities, navy, research, marine scientific research, navigational aids, production of engineering, design, information support

A.F. Zen'kov. Realization of scientific and production potential JSC SRNHI at the current stage of development in solving the problems of navigation and hydrographic support of marine activities // Morskoy Vestnik. 2017. № 2 (62). P.107

The activity of JSC SRNHI, aimed at solving the problems of navigation and hydrographic support of marine activities, is considered. Information is provided on the most important works, projects, products and services of JSC SRNHI and managed organizations. T. 1. Fig. 4. Bibliography 5 titles.

UDC 629.124.791 **Keywords**: ice cover, snow, ice resistance, reduced ice thickness

E.M. Gramuzov, B.P. Ionov, N.E. Tikhonova. Accounting for snow in determining the reduced thickness of the ice cover // Morskoy Vestnik. 2017. № 2 (62). P.112

In nature, there is practically no ice cover, not covered with snow. To compare the ice breakability of ships in ice conditions, differing in thickness of ice and snow, it is convenient to use the reduced ice thickness. This value is understood as the conventional thickness of ice-free ice, in which the icebreaker experiences the same ice resistance as in the presence of snow on the ice cover. To obtain the calculated dependencies, the ice resistance and snow resistance to the movement of the icebreaker were calculated taking into account the features of the shape of its hull. It is shown that the reduced thickness of the ice cover, taking into account the snow, depends not only on their thickness, but also on the geometric parameters of the icebreaker and the speed of its movement. The presence of snow on the ice cover significantly increases the reduced ice thickness and the total ice resistance. Formulas for determining the reduced thickness of ice are obtained.T.1. Fig. 4. Bibliography 4 titles.

UDC 061.4: 623 **Keywords:** shelf, hydrocarbons, floating platform, underwater technology, development mechanisms

A.E. Kozyaruk, B.Yu. Vasil'yev, A.I. Ivanovsky. Analysis of the development of technical means of development of oil and gas deposits // Morskoy Vestnik. 2017. № 2 (62). P.115

The achievements, condition, prospects and mechanisms of development of the shelf segment of the oil and gas industry of the Russian Federation are analyzed. The largest offshore projects implemented in the Sea of Okhotsk on the Pacific shelf, in the Barents and Pechora Seas on the Arctic shelf and in the Caspian Sea are considered. It is shown that for the effective development of the Arctic shelf it is advisable to develop submarine technology and technology (underwater drilling rigs, underwater pumping complexes, underwater complexes for the preparation of hydrocarbons) that allow the exploitation of underwater deposits irrespective of ice conditions. Effective mechanisms for the development of the country's research, development, production, testing and organizational and financial infrastructure for the development of offshore projects and industry, as well as mechanisms for intensifying the production of promising technical means for developing the shelf and attracting investment in this sphere of industry, are considered. Fig. 4. Bibliography 12 titles.

UDC 629.5 **Keywords**: destroyer, missile cruiser, prospect 58, V.A. Nikitin

V.E. Yukhnin. Project 58: from a destroyer to a missile cruiser // Morskoy Vestnik. 2017. № 2 (62). P.121

Familiar with the history of the design of the missile cruiser project 58, which became a «swan song» shipbuilder VA. Nikitin. The tactical and technical characteristics of this cruiser are given, based on the theoretical sketch of the destroyer building, project 56. T.1. Fig. 7

UDC 629.5 **Keywords**: naval hospital, history of medicine, diseases of the sailors

M.I. Lobanova, M.I. Roskostov, E.A. Nikitin. Kronstadt Naval Hospital: 300 years since the founding // Morskoy Vestnik. 2017. № 2 (62). P.125

In 1717 by decree of Peter I on the Kotlin Island based Marine Hospital. The history of the Kronstadt Naval Hospital intimately and directly connected with the development of the Baltic Fleet and the naval fortress – Kronstadt. After reorganization measures post-Soviet Kronstadt Naval Hospital complex is on the way to restoring its former powerful status. Activities, achievements and authority of Kronstadt naval physicians are extremely high and should not fade with age. Fig. 1. Bibliography. 5 titles.