

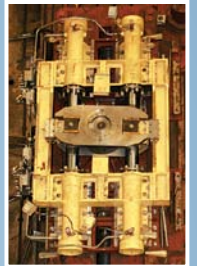
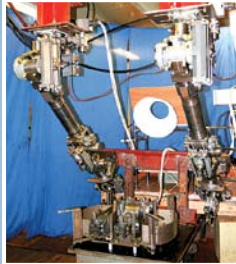
Морской



Вестник

№3(39)
сентябрь
2011
ISSN 1812-3694

Morskoy Vestnik



185 лет!

СУДОВОЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ



WWW.PROLETARSKY.RU

Много это или мало – 20 лет? Для жизни человека – срок немалый. Особенно, если вспомнить, что это двадцатилетие явилось переломным для нашего государства, а значит, и для каждого из нас. Стремительно менялись привычный уклад жизни, политика, экономика, культура, сами человеческие отношения, и преобразования эти оказывались зачастую болезненными. Именно в такие переломные моменты истории на сцену выходят новые люди, в чьем сознании хранится опыт прошлого, но воля, ответственность перед своей страной, стремление к самореализации заставляют искать пути в будущее.

25 апреля 1991 г. были подписаны уставные документы и 3 июня 1991 г. зарегистрировано совместное предприятие с участием норвежской фирмы «Nogcontrol» и рядом советских организаций. Первоначальной целью было развертывание серийного производства навигационных систем для новых судов на базе норвежского комплекса ДВ-2000. Известные события конца 1991 г. – начала 1992 г. полностью отменили первоначальные планы.

Новое предприятие, а на самом деле – просто новая команда, стояла перед серьезным выбором: закрыть молодую, только что возникшую фирму, насчитывавшую менее десяти специалистов или найти свое место в новых, непростых экономических и социальных условиях. Сдаваться никто не хотел, и, как показало время – решение бороться оказалось верным и оправданным. Прошло не так уж много времени, и ЗАО «МНС» успешно справилось с поставленной задачей – стало заметным игроком на рынке судостроения.

Сложность задачи определялась, в том числе, и потерей кооперационных связей, неопределенностью государственных приоритетов. В такие периоды ответственность за сохранение, поддержание и развитие отраслей берут на себя люди и организации, ясно сознающие необходимость следования в русле мирового технического прогресса.

Основным направлением деятельности ЗАО «МНС» явились разработка и производство навигационного оборудования и средств связи для судов и кораблей. ЗАО «Морские навигационные системы» по праву считается одним из пионеров в деле разработки и изготовления интегрированных мостиковых систем (ИМС) как для гражданских судов, так и для вновь проектируемых и находящихся в постройке кораблей, судов обеспечения ВМФ РФ и Пограничной службы России. Первые ИМС для силовых структур были поставлены ЗАО «МНС» в 2005 г. на головные корабли проектов «Буян» и «Хоста». К этому времени номенклатура продукции

К 20-ЛЕТИЮ ЗАО «МОРСКИЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ»

*ЗАО «Морские навигационные системы»,
контакт. тел. (812) 320 3840*

предприятия уже насчитывала свыше 30 наименований.

Как правило, морское приборостроение создается вначале для военных нужд, а затем на их основе – для гражданских. Но ЗАО «МНС» разрабатывает эти направления параллельно, с учетом задач и специфики каждого из них. К 2006 г. компания успешно реализовала ряд важных государственных заказов для ВМФ России, ПС ФСБ России и ВМС иностранных государств.

В течение последующих 10 лет ЗАО «МНС» принимало активное участие в оборудовании объектов нефтегазодобычи и сопутствующей инфраструктуры. Среди них – морская стационарная ледостойкая платформа «Приразломная» (заказчик – ЗАО «Севморнефтегаз», 2006 г.), нефтяное месторождение «Приразломное», одно из перспективных месторождений на арктическом шельфе РФ. Стационарный морской ледостойкий отгрузочный причал



Первая интегрированная мостиковая система отечественного ВМФ

С самого начала в основу деятельности предприятия были положены принципы соответствия задачам сохранения и строительства флота, воспитания в коллективе чувства корпоративности, когда каждый сотрудник независимо от занимаемой должности осознает важность своей работы.

Начиная с 1999 г. оснащение танкеров «Пулково», «Астрахань», «Магас», «Калининград» для компании «Лукойл-Арктик-Танкер» положило начало освоению рынка оборудования для нефтега-

(СМЛОП) «Варандейский терминал» (заказчик – ОАО «Варандейский терминал», подрядчик – ЗАО «Лукойл-Калининградморнефть»), поставка специализированного оборудования на челночные танкеры, строящиеся для крупнейшей российской судоходной компании «Совкомфлот».

При выполнении этих коммерческих заказов предприятие целенаправленно реализовывало стратегические задачи в интересах государства. За время своей работы компания, динамично



СМЛОП «Варандей»

(Продолжение см. на стр. 6)

Морской Вестник



№3(39)
сентябрь
2011

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Редакционный совет

Сопредседатели:

В.Л. Александров, президент
Международного и Российского НТО
судостроителей им. акад. А.Н. Крылова
К.П. Борсенко, ректор СПбГМТУ

Члены совета:

С.П. Алексеев, генеральный директор ОАО «ГНИНГИ»
С.П. Андрущук, генеральный директор
ОАО «Системы управления и приборы»
С.О. Барышников, ректор СПбГУВК
Н.М. Вихров, генеральный директор
ЗАО «Канонерский судоремонтный завод»
Л.Г. Грабовец, генеральный директор ОАО «СФ «Алмаз»»
Г.В. Егоров, генеральный директор
ЗАО «Морское инженерное бюро СПб»
В.Н. Киреев, начальник управления ОАО «ОСК»
Л.М. Клячко, генеральный директор ОАО «ЦНИИ «Курс»»
Л.В. Колесников, генеральный директор ОАО «Аскольд»
С.Р. Комаров, председатель Совета директоров ЗАО «МНС»
Е.В. Комраков, генеральный директор
ЗАО «Р.Е.Т. Кронштадт»
Э.А. Конов, директор ООО «Издательство «Мор Вест»»
Г.А. Коржавин, генеральный директор
ОАО «Концерн «Гранит-Электрон»»
С.Л. Краусс, председатель Совета директоров
ООО «ИРИСОФТ»
Л.Г. Кузнецов, генеральный директор
ОАО «Компрессор»
А.П. Матлах, генеральный директор
ООО «НПО «Полярная звезда»»
Г.Н. Муру, генеральный директор ОАО «51 ЦКТИС»
Н.В. Орлов, председатель
Санкт-Петербургского Морского собрания
В.А. Середохо, генеральный директор
ОАО «Средне-Невский судостроительный завод»
И.Г. Смирнов, генеральный директор
ОАО «Новая ЭРА»
В.А. Солонько, генеральный директор
ЗАО «НПО Севзапспецавтоматика»
В.И. Спиридопуло, генеральный директор
ОАО «Северное ПКБ»
Д.В. Сулов, директор ЗАО «ЦНИИ СМ»
Г.В. Тарица, генеральный директор
ООО «ПКБ «Петробалт»»
В.С. Татарский, генеральный директор ОАО «ЭРА»
А.Н. Тихомиров, генеральный директор
ЗАО «Транстех Нева Эксбишнс»
Г.Д. Филимонов, генеральный директор
ЗАО «Концерн «МорФлот»»
А.Б. Фомичев, генеральный директор
ОАО «СЗ «Северная верфь»»
В.В. Шаталов, генеральный директор
ОАО «КБ «Вымпел»»
К.Ю. Шилов, генеральный директор
ОАО «Концерн «НПО «Аврора»»
А.В. Шляхтенко, генеральный директор –
генеральный конструктор ОАО «ЦМКБ «Алмаз»»
В.Е. Юхнин, генеральный конструктор
ОАО «Северное ПКБ»

СОДЕРЖАНИЕ

К 20-летию ЗАО «Морские навигационные системы»..... 1

СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ

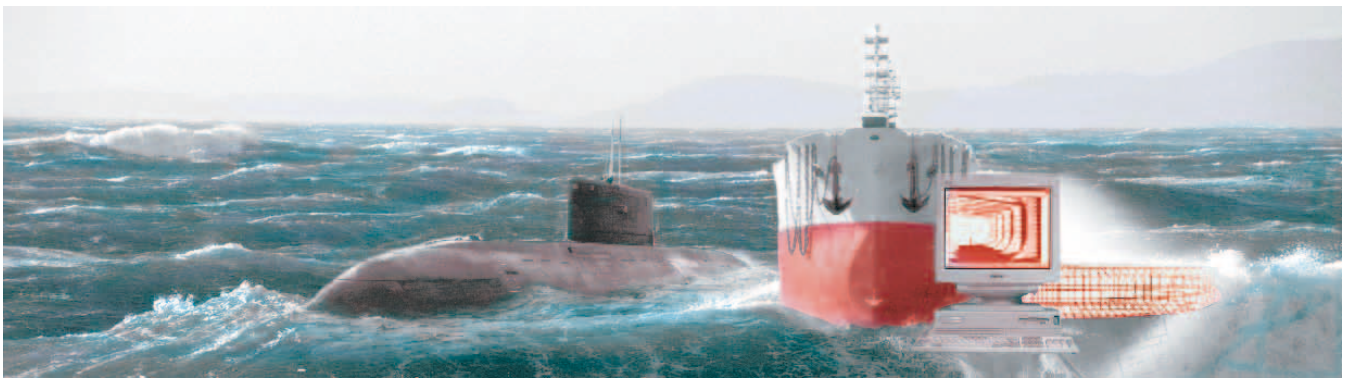
- Д.Б. Киселев, В.А. Игнатъев.**
Пути повышения энергоэффективности судов-газовозов..... 9
- В.А. Абрамовский, Н.И. Пивоваров, Д.Е. Цымляков, А.В. Шляхтенко.**
*Перспективы использования амфибийных судов на воздушной подушке
для решения транспортных задач в районах Крайнего Севера*..... 13
- В.В. Шаталов, Р.М. Бегиев.**
Перспективные направления проектирования судов КБ «Вымпел»..... 19
- Е.В. Волкова.** *Виртуальное Конструкторское Бюро*..... 21
- Д.И. Бородавин.** *Проектное обоснование
эффективного варианта контейнеровоза средней вместимости*..... 22
- Е.А. Горин, К.С. Чернов.** *Современные тенденции в мировом судостроении.
По материалам «Nor-Shipping2011»*..... 29

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И СУДОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

- А.А. Арутюнян, Д.В. Сулов, В.Д. Завирухо.**
*Техническое перевооружение и модернизация производственных
мощностей – главное направление развития отечественного судового
машиностроения в современных экономических условиях.
К 185-летию ОАО «Пролетарский завод»*..... 35
- А.А. Арутюнян, Д.В. Сулов, В.Д. Завирухо, А.А. Георгиев.**
*Структурно-параметрический синтез пространственных несущих
конструкций изделий судового машиностроения с применением
генетических алгоритмов и имитационных моделей*..... 38
- В.С. Коршун.**
Опыт проектирования и тенденции развития ГРЩ для заказов ВМФ..... 43
- С.П. Андрущук, Ю.Г. Белогорцев, О.Е. Лозицкий, А.В. Моря, В.А. Гудев.**
*Мехатронный электропривод клапана запорной арматуры
на основе двигателя с постоянными магнитами и гладким якорем*..... 47
- В.В. Кожемякин, А.В. Лоханов.**
*Расчетно-теоретическое исследование безбойлерной системы
теплоснабжения с пароводяными струйными средствами циркуляции*..... 49
- В.И. Ветохин.** *Погружной асинхронный электродвигатель открытого
исполнения нового поколения типа «АМВ НГС» для нефтегазовых скважин*..... 51
- В.В. Барановский, Саад Еддин Али.** *Обоснование выбора
главных двигателей для перспективных надводных кораблей*..... 56

РАДИОЭЛЕКТРОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

- Военная электроника производства российской компании «Транзас» –
для Вооруженных Сил РФ*..... 61
- К.Ю. Шилов, Ю.Н. Черныш.** *Интегрированная мостиковая система
речных пассажирских и транспортных судов*..... 62
- С.Н. Шаров, М.С. Дворяшин, Е.С. Петухова.** *Судовая информационно-
управляющая система для посадки беспилотного летательного аппарата*..... 65
- И.В. Дулькейт, К.С. Патронов, П.В. Прохоров, В.М. Свирский.**
*Современные тенденции развития оборудования Глобальной
морской системы связи при бедствии (ГМССБ) ПВ/КВ диапазонов*..... 73



ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

С.Н. Рытков. Применение беструбной вентиляции в машинных помещениях тральщиков 77

А.В. Третьяков, В.А. Колесник. Моделирование развития пожароопасной ситуации в корабельном отсеке на основе методов системного анализа с использованием аппарата структурных матриц 81

БЕЗОПАСНОСТЬ МОРЕПЛАВАНИЯ

А.Р. Тогуняц. Документы ИМО по безопасности рыболовных судов и практика их применения в мировом сообществе 87

Г.В. Егоров, А.Г. Егоров. Исследование риска эксплуатации отечественных речных судов 93

НАВИГАЦИЯ И ГИДРОГРАФИЯ

С.П. Алексеев. Инновационное развитие системы навигационно-гидрографического обеспечения – важный фактор реализации стратегии совершенствования морской деятельности Российской Федерации 101

МОРСКАЯ ТЕХНИКА: НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

С.О. Барышников. Влияние усиления пластин на их несущую способность 107

В.Ю. Лейзерман. Расчет ускоренного наката судна на передаточный плавучий док 110

В.Ю. Лейзерман. Расчет спуска судна в сухом строительном доке, наливном доке и наливной док-камере при ограниченной глубине воды 111

БИЗНЕС И ПРАВО

ОАО «Объединенная судостроительная корпорация» и группа компаний «Транзас» создают совместное предприятие 112

Создание стратегического альянса. Группа компаний «Транзас» и группа «Промышленные инвесторы» объявили о создании стратегического альянса 113

ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ

ОАО «СЗ «Северная верфь»: пятый Международный военно-морской салон – некоторые итоги 115

ОАО «Судостроительная фирма «Алмаз» на выставке IMDS–2011 117

V Международный военно-морской салон (МВМС–2011) 29 июня – 3 июля 2011 г. 118

Одиннадцатая международная выставка и конференция НЕВА–2011, 20–23 сентября 2011, Санкт-Петербург (4 обл.)

Всемирная морская технологическая конференция WMTC–2012, 29 мая–1 июня 2012, Санкт-Петербург 121

НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ

К 80-летию Ю.В. Варганова 122

М.П. Гальперин. Прыжок кита 123

ИСТОРИЯ СУДОСТРОЕНИЯ И ФЛОТА

С.П. Сирый. Тринадцатый морской министр императорского флота России адмирал П.П. Тыртов 124

Ю.Д. Пряжин. Адмирал Григорий Спиридов в истории России и Греции. К 220-летию со дня смерти 127

Главный редактор

Э.А. Конов, канд. техн. наук
Тел./факс: (812) 6004586
Факс: (812) 5711545
E-mail: morvest@gmail.com
www.morvest.korabel.ru

Редакционная коллегия

К.Г. Абрамян, д-р техн. наук, проф.
Ю.В. Баглюк, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.
Ю.В. Варганов, канд. истор. наук, доцент
Е.А. Горин, д-р экон. наук
Е.В. Игошин, канд. техн. наук
Б.П. Ионов, д-р техн. наук
Ю.Н. Кормилицин, д-р техн. наук, проф.
А.И. Короткин, д-р техн. наук, проф.
С.И. Логачев, д-р техн. наук, проф.
П.И. Малеев, д-р техн. наук
Ю.И. Нечаев, д-р техн. наук, проф.
В.С. Никитин, д-р техн. наук, проф.
В.Г. Никифоров, д-р техн. наук, проф.
Ю.Ф. Подполекин, д-р техн. наук, проф., акад. РАН
В.И. Поляков, д-р техн. наук, проф.
Л.А. Промыслов, канд. техн. наук
Ю.Д. Пряжин, д-р истор. наук, проф.
А.В. Пустошный, чл.-корр. РАН
К.В. Рождественский, д-р техн. наук, проф.
А.А. Русецкий, д-р техн. наук, проф.
Ю.Ф. Тарасюк, д-р техн. наук, проф.
В.И. Черненко, д-р техн. наук, проф.
Б.А. Царев, д-р техн. наук, проф.

Редакция

Тел./факс: (812) 6004586
E-mail: morvest@gmail.com

Редактор

Т.И. Ильичева

Дизайн, верстка

С.А. Кириллов

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.

Электронные версии журналов 2006–2011 гг.
размещены на сайте ООО «Научная электронная
библиотека» www.elib.rugru и включены 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.
<http://vak.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 № 1787.

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



№ 3 (39)
september
2011

SCIENTIFIC, ENGINEERING, INFORMATION AND ANALYTIC MAGAZINE

Editorial Council

Co-chairmen:

V.L. Alexandrov, President of the International and Russian Scientific and Technical Association of Shipbuilders named after Acad. A.N. Krylov

K.P. Borisenko, Rector SPbSMTU

Council Members:

S.P. Alekseev, General Director JSC SRNHI

S.P. Andryuschyuk, General Director

JSC Control Systems and Instruments

S.O. Baryshnikov, Rector SPbSUWC

G.V. Egorov, General Director

JSC Marine Engineering Bureau SPb

G.D. Filimonov, General Director

JSC Concern Mor Flot

A.B. Fomichev, General Director

JSC SP Severnaya Verf

L.G. Grabovets, General Director JSC SF Almaz

V.N. Kireev, Head of the Project «DB» in

JSC United Shipbuilding Corporation

L.M. Klyachko, General Director

JSC ZNII KURS

L.V. Kolesnikov, General Director JSC Askold

S.R. Komarov, Chairman

of the Board of Directors JSC MNS

E.V. Komrakov, General Director

JSC R.E.T. Kronshadt

E.A. Konov, Director,

JSC Publishing House Mor Vest

G.A. Korzhavin, General Director,

JSC Concern Granit-Elektron

S.L. Krauss, Chairman

of the Board Directors JSC IRISOFT

L.G. Kuznetsov, General Director JSC Compressor

A.P. Matlakh, General Director

JSC SPA Poliarnaya Zvezda

G.N. Muru, General Director JSC 51CTIS

N.V. Orlov, Chairman

St.Petersburg Marine Assembly

V.V. Shatalov, General Director

JSC DB «Vympel»

V.A. Seredokho, General Director

JSC Sredne-Nevisky sudostroitelny zavod

K.Yu. Shilov, General Director

JSC Concern SPA Avrora

A.V. Shliakhtenko, General Director –

General Designer JSC ZMKB Almaz

I.G. Smirnov, General Director JSC New ERA

V.A. Solon'ko, General Director

JSC SPA Sevzapspezavtomatika

Y.I. Spiridopulo, General Director

JSC Severnoye Design Bureau

D.V. Suslov, Director JSC CRISM

G.V. Taritsa, General Director JSC PDB Petrobalt

V.S. Tatarsky, General Director JSC ERA

A.N. Tikhomirov, General Director

JSC Transtech Neva Exhibitions

N.M. Vikhrov, General Director

JSC Kanonersky Shiprepairing Yard

V.E. Yukhnin, General Designer

JSC Severnoye Design Bureau

CONTENTS

To the 20th anniversary of CJSC «Marine navigation systems» 1

SHIPBUILDING AND SHIP REPAIRING

D.B. Kiselev, V.A. Ignatiev. *Ways to improve energy efficiency of gas carriers*.....9

V.A. Abramovskiy, N.I. Pivovarov, D.E. Tsymlyakov, A.V. Shlyakhtenko.

Prospects for use of amphibious hovercrafts for solving transport problems in the Far North..... 13

V.V. Shatalov, R.M. Begishev. *Promising directions of ship engineering of Design Bureau «Vympel»*..... 19

E.V. Volkov. *Virtual Design Office* 21

Borodavin D.I. *Design Justification of efficient medium-capacity version of the container carrier*..... 22

E.A. Gorin, K.S. Chernov. *Current trends in world shipbuilding. Source material «Nor-Shippig'2011»*..... 29

POWER PLANTS AND MARINE EQUIPMENT

A.A. Arutyunyan, D. Suslov, V.D. Zavirukho. *Technical upgrading and capacity modernization – is the main direction of development of domestic marine engineering in today's economy. To the 185th anniversary of the JSC «Proletarskiy Zavod»* 35

A.A. Arutyunyan, D.V. Suslov, V.D. Zavirukho, A.A. Georgiev. *The structural and parametric synthesis of spatial bearing structures of marine engineering products using genetic algorithms and simulation models*..... 38

V.S. Korshun. *Experience in design and development trends of main distribution boards (MDB) for Navy orders* 43

S.P. Andruschuk, J.G. Belogortsev, O.E. Lozitsky, A.V. Moria, V.A. Gudev. *Mechatronic actuator of shut-off valve on the basis of permanent magnet motor and a smooth anchor*..... 47

V.V. Kozhemyakin, A.V. Lokhanov. *Design and theoretical study of boiler-less heating system with steam-water jet circulation*..... 49

V.I. Vetokhin. *Submersible induction motor of open design of new generation type «AMB NHS» for oil and gas wells* 51

V.V. Baranowski, Saad Eddin Ali. *Justification of choice of main engines for prospective surface ships*..... 56

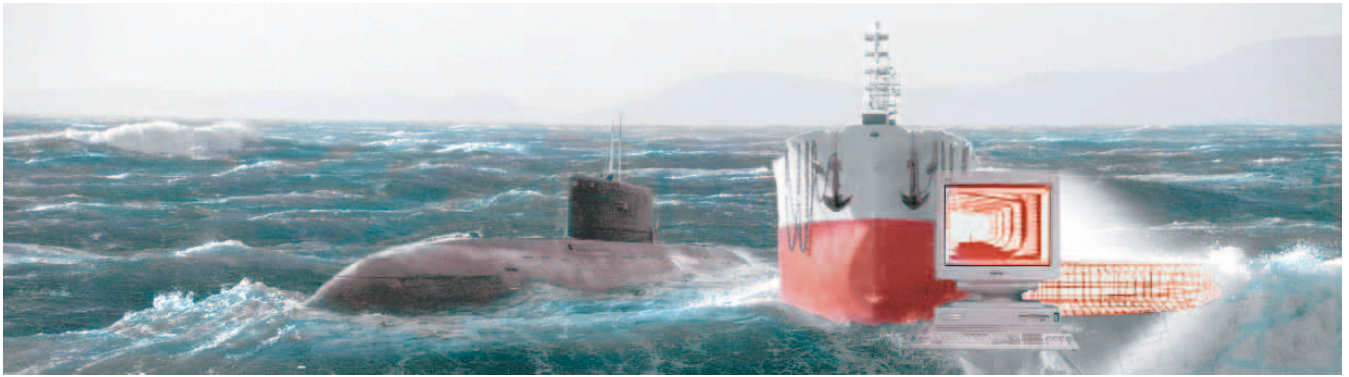
RADIO-ELECTRONIC EQUIPMENT AND CONTROL SYSTEMS

Military electronics produced by Russian Company «Transas» – for the Armed Forces of the Russian Federation 61

K.Y. Shilov, Y.N. Chernish. *Integrated Bridging System for river passenger and cargo vessels* 62

S.N. Sharov, M.S. Dvoryashin, E.S. Petukhova. *Ship's information management system for landing unmanned aerial vehicle* 65

I.V. Dulkeyt, K.S. Patronov, P.V. Prokhorov, V.M. Svirsky. *Modern trends in development of equipment of the Global Maritime Distress System of (GMDSS) MF/HF bands*..... 73



INDUSTRIAL SAFETY

- S.N. Rytkov.** Application of pipe-less ventilation in engine rooms of minesweepers 77
- A.V. Tretyakov, V.A. Kolesnik.** Modeling the development of fire hazardous situation in ship's compartment on the basis of systematic analysis methods using the apparatus of the structural matrices 81

NAVIGATION SAFETY

- A.R. Togunjas.** IMO Documents on safety of fishing vessels and practical application thereof in the world community 87
- G.V. Egorov, A.G. Egorov.** Investigation of risk of national sea vessels operation 93

NAVIGATION AND HYDROGRAPHY

- S.P. Alekseev.** Innovative development of navigation and hydrographic support – an important factor in implementation of strategy to improve maritime activities of the Russian Federation 101

MARITIME ENGINEERING: SCIENCE AND TECHNOLOGIES

- S.O. Baryshnikov.** Reinforcement plates influence on bearing capacity thereof 107
- V.Y. Leyzerman.** The calculation of the accelerated run-up of vessel to the transient floating dock 110
- V.Y. Leyzerman.** The calculation of launching the vessel in dry construction dock, wet dock and wet dock-chamber with a limited water depth 111

BUSINESS AND LAW

- JSC «United Shipbuilding Corporation» and a group of companies «Transas» form a joint venture 112
- Creating a strategic alliance 113

EXHIBITIONS AND CONFERENCES

- JSC «SZ 'Severnaya Verf'»: Fifth International Maritime Defense Show – some results 115
- JSC «Shipbuilding Company «Almaz» in exhibition IMDS-2011 117
- Fifth International Maritime Defense Show (IMDS-2011) 118
- The 11th International Exhibition and Conference NEVA–2011, 20–23 of September, 2011, St.Petersburg (4 cover)
- Maritime Defence Show IMDS–2011, June 29–July 3, 2011, St.Petersburg 121

HISTORY OF SHIPBUILDING AND FLEET

- S.P. Siry.** Thirteen marine minister of the Imperial Russian Navy, Admiral P.P. Tyrtov 124
- Y.D. Pryakhin.** Admiral Gregory Spiridov in the history of Russia and Greece. To the 220th anniversary of the death 127

Editor-in-Chief

E.A. Konov, Ph. D.
Phone/Fax: +7 (812) 6004586
Fax: +7 (812) 5711545
E-mail: morvest@gmail.com
www.morvest.korabel.ru

Editorial Collegium

K.G. Abramyan, D. Sc., Prof.
Y.V. Baglyuk, Ph. D.
V.I. Chernenko, D. Sc., Prof.
E.A. Gorin, D. Sc.
E.V. Igoshin, Ph. D.
B.P. Ionov, D. Sc.
Y.N. Kormilitsin, D. Sc., Prof.
A.I. Korotkin, D. Sc., Prof.
S.I. Logachev, D. Sc., Prof.
P.I. Maleev, D. Sc.
Y.I. Nechaev, D. Sc., Prof.
V.S. Nikitin, D. Sc., Prof.
V.G. Nikiforov, D. Sc., Prof.
Y.F. Podoplekin, D. Sc., Prof., member of the Academy of Rocket and Artillery of Sciences of Russia
V.I. Polyakov, D. Sc., Prof.
L.A. Promyslov, Ph. D.
Y.D. Pryakhin, D. Sc., Prof.
A.V. Pustoshny, corresponding member of the Academy of Sciences of Russia
K.V. Rozhdstvensky, D. Sc., Prof.
A.A. Rusetzky, D. Sc., Prof.
Y.F. Tarasyuk, D. Sc., Prof.
B.A. Tzarev, D. Sc., Prof.
Y.V. Varganov, Ph. D.

Editorial staff

Phone/Fax +7 (812) 6004586
E-mail: morvest@gmail.com

Editor

T.I. Ilyichiova
Design, imposition

S.A. Kirillov

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 Certificate ПИ № 77-12047 of 11 march 2002.

Founder-Publisher

JSC Publishing House "Mor Vest"
office 13H, 84, Nab. r. Moyki,
190000, St. Petersburg

The magazines electronic versions of 2006–2011 are placed on the site LLC "Nauchnaya elektronnyaya biblioteka" www.elibrary.ru and are 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.
<http://vak.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 № 1787.

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.

развиваясь, выросла в многопрофильное предприятие с миллионными оборотами и гибкой структурой.

Председателем Совета директоров является С.Р. Комаров, который руководил компанией с момента ее основания. С 2007 г. и по настоящее время должность генерального директора ЗАО «МНС» занимает К.А. Смирнов, начавший здесь свою трудовую деятельность в 1998 г. в качестве инженера.



**С.Р. Комаров, председатель
Совета директоров**



К.А. Смирнов, генеральный директор

В настоящее время ЗАО «МНС» состоит из шести департаментов, каждый из которых решает свойственные им задачи. Руководят ими опытные, высококвалифицированные профессионалы. На пороге третьего десятилетия своей деятельности общая численность сотрудников компании составляет более 230 человек, из них – 8 кандидатов наук, 2 доктора наук, 2 профессора. Все они – квалифицированные специалисты: инженеры и конструкторы, менеджеры, экономисты, бухгалтеры и др. Комплексный подход к подбору и обучению персонала, сложившийся с момента возникновения компании, заложил основу для реализации собственных высокотехнологичных разработок, многие из которых защищены авторскими и патентными правами.

Хочется отметить, что одной из основополагающих традиций ЗАО «МНС» является преемственность. Опытные сотрудники, много лет проработавшие на предприятии, передают свои знания и

навыки молодежи. Уважительные отношения между поколениями – залог дальнейшего плодотворного развития предприятия.

В ЗАО «МНС» есть давняя добрая традиция награждать памятными знаками и грамотами сотрудников, проработавших в фирме пять, десять, пятнадцать, а теперь уже и двадцать лет. Знак с логотипом предприятия является признанием заслуг тех, кого им награждают.

Каждый сотрудник ЗАО «МНС» может с полным основанием сказать: «Служу России и Флоту», и это будут не пустые слова. ЗАО «МНС» разрабатывает и производит интегрированные мостиковые системы (ИМС), комплексные системы безопасности, электронные картографические навигационно-информационные системы (ЭКНИС), системы корабельной и береговой автоматики, тренажерные комплексы.

Предприятие активно сотрудничает с заказчиками Министерства обороны РФ, научно-исследовательскими институтами и учебными заведениями ВМФ, со многими конструкторскими бюро, такими как ЦКБ МТ «Рубин», СПМБМ «Малахит», ЦКБ «Айсберг», ЦМКБ «Алмаз», «Зеленодольское ПКБ», «Невское ПКБ», «Северное ПКБ», КБ «Вымпел», с другими проектантами, а также со всеми крупными судостроительными заводами и верфями в России и многими зарубежными партнерами, в их числе – «Aker Kvaerner Pusnes» (Норвегия), «Aker Kvaerner Porsgrunn» (Норвегия), «Autronica Fire and Security» (Норвегия), «Blockland» (Нидерланды), «Cathelco» (Англия), «Furuno» (Япония), «Hernis Scan Systems» (Норвегия), «Hydroacoustics Inc.» (США), «Kelvin Hughes» (Англия), «Kongsberg» (Норвегия), «Optec International» (Финляндия), «Phontech» (Норвегия), «Porsgrunn» (Норвегия), «Profino» (Финляндия), «Raytheon Anschutz» (Германия), «Reson» (Дания), «Selco» (Дания), «Sevan Marine» (Норвегия), «Skipper» (Норвегия), «Telemekki» (Финляндия), «Tranberg» (Норвегия), «Vaisala» (Финляндия), «V.Нерworth & Co.» (Англия), «Zollner» (Германия).

ЗАО «МНС» реализует проекты на основе оборудования, разрабатываемого собственными силами и поставляемого зарубежными партнерами и другими производителями. Компанией реализован и поддерживается полный жизненный цикл изделий: проектирование, комплексирование, разработка программного обеспечения, монтаж, пусконаладочные работы, проведение испытаний, ремонтные работы, утилизация. Предприятие оказывает инженерно-консультативные и другие коммерческие услуги по созданию, об-

служиванию и эксплуатации морских объектов топливно-энергетического комплекса (ТЭК).

Компания – постоянный участник и призер различных тематических выставок и конференций, в том числе Международного Военно-морского салона (с 2003 г.), выставки «НЕВА» (с 2001 г.), MAST, MIOGE и др.

С продукцией фирмы знакома большая часть предприятий судостроительной отрасли, многие организации, связанные с изучением океанов, морей, освоением шельфа, представители нефтегазового комплекса.

Развитая научно-исследовательская, производственная, материально-техническая база и высокая квалификация персонала позволяют успешно выполнять поставленные задачи и обеспечивать потребности заказчиков. На предприятии разработана и функционирует система менеджмента качества. Она соответствует требованиям МС ИСО 9001:2008, ГОСТ Р ИСО 2008, ГОСТ РВ 15002–2003 и сертифицирована в Русском Регистре и в системе сертификации «Оборонсертифика». Предприятие также обладает сертификатами о признании классификационных обществ Det Norske Veritas, Germanischer Lloyd, Российского Морского Регистра судоходства и Российского Речного Регистра. Компания имеет соответствующие лицензии на разработку и производство вооружения и военной техники. Наша компания также является членом саморегулируемой организации строителей «Строй Регион» и объединения организаций, выполняющих проектные работы в газовой и нефтяной отрасли «Инженер-проектировщик».

За последние пять лет освоены новые тематические области по созданию навигационных и навигационно-гидроакустических комплексов, систем многолучевых эхолотов для научно-исследовательских подводных аппаратов, а также комплексов навигационно-гидрографического гидроакустического оборудования для океанографических судов с применением самых передовых отечественных и импортных технологий. Создаются комплексы технических средств для обеспечения безопасности морских объектов ТЭК и гидротехнических сооружений, системы внешнего технологического мониторинга. Важным направлением является оказание заказчикам инжиниринговых услуг.

Излишне упоминать, какое значение для престижа и экономики страны имеет все, что связано с приоритетным правом нашего государства на полезные ископаемые Арктического шельфа. ЗАО «МНС» вносит вклад в то, чтобы эти богатства были навсегда закреплены за Россией. ■

В последнее время в связи с активным обсуждением планов поставок российского сжиженного природного газа (СПГ) потребителям в Западной Европе и Америке ведутся активные разработки транспортных концепций и проектов судов-газовозов. В этой ситуации российские проектные организации не могут оставаться в стороне и должны предлагать потенциальному заказчику собственные проекты подобных судов. Следует, однако, подчеркнуть, что ранее

в нашей стране газовозы для перевозки СПГ не проектировались и не строились. Очевидно, что привлечь заказчика в подобных условиях можно только путем предложения дополнительных конкурентных преимуществ. Одним из таких преимуществ в соответствии с современными мировыми тенденциями следует считать обеспечение при проектировании судна максимально возможного уровня энергоэффективности.

Среди проектных решений, влияющих на повышение энергоэффективности судна, надо отметить в первую очередь следующее: во-первых, это оптимизация главных размерений судна, влияющая как на его транспортную эффективность, так и на пропульсивные характеристики; во-вторых, оптимизация формы корпуса, позволяющая добиться снижения сопротивления движению как на тихой воде, так и на волнении, и соответственно уменьшения расхода топлива; в-третьих, использование современной энергетической установки с высокой эффективностью и низким расходом топлива, ну и, наконец, всемерное снижение потребления энергии на общесудовые нужды.

Прежде чем обратиться к проблеме оптимизации главных размерений судна, следует немного задержаться на одном принципиальном вопросе, а именно: выборе типа грузовых емкостей. От решения данного вопроса полностью зависят архитектурно-конструктивные особенности будущего газовоза. При выборе системы хранения груза необходимо учитывать целый ряд обстоятельств, таких как надежность конструкции, технологичность, экономические показатели судна в целом и т.д. Кроме этого, для отечественного судостроения немаловажным является объем первоначальных вложений для освоения нового производства и, соответственно, его дальнейшей окупаемости. Очевидно, что судовладелец не заинтересован в существенном повышении цены на судно из-за необходимости дополнительных затрат на освоение новых производств. В этом случае система хранения груза с наименьшими первоначальными затратами может приобрести некоторые преимущества.

В настоящее время в мире широко используются три основных типа систем хранения груза: сферические вкладки типа Moss, призматические вкладки типа SPB, мембранные грузовые танки фирмы GTT. Так, по данным «LNG world shipping journal», примерно из 340 судов, эксплуатирующихся в настоящее время, 64% являются судами с мембранными грузовыми танками (Mark III, NO-96, CS-1 и др.), 33% – суда с вкладными сферическими танками типа Moss и около 3% – суда с вкладными призматическими танками типа SPB. Причем доля судов с вкладными сферическими танками типа Moss неуклонно снижается, так, например, среди заказанных судов со сроком сдачи после 2011 г. суда со сферическими танками составляют только 5%.

Вопрос выбора системы хранения груза не является целью настоящей статьи, данной проблеме посвящено множество работ как отечественных, так и зарубежных авторов, в частности: А.Б. Грицан «Исследование структуры строительной стоимости судов-газовозов с различными конструкци-

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СУДОВ-ГАЗОВОЗОВ

Д.Б. Киселев, гл. конструктор проектов,

*В.А. Игнатьев, зам. гл. конструктора проектов, ОАО «Северное ПКБ»,
контакт. тел. (812) 784 6774*

ями грузовых танков» (Морской вестник, 2009, №4), А.Лорас «Resent trends in transporting of LNG» и др., поэтому мы не будем останавливаться на этой теме более подробно, а ограничимся лишь некоторыми основными замечаниями.

Наиболее рациональным подходом к выбору системы хранения груза является сравнение не грузовых систем как таковых, а проработок нескольких вариантов судна с различными типами грузовых танков, созданных для определенной линии с заданным грузопотоком и физико-географическими особенностями района предполагаемой эксплуатации. Подобная работа применительно к газовозу вместимостью около 155 000 м³, предназначенного для перевозки газа со Штокмановского месторождения, была проведена в сотрудничестве со специалистами ОАО «ЦТСС» и ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова и показала следующее:

- по показателям трудоемкости, продолжительности строительства, строительной стоимости и удельным затратам на перевозку газовозов сравнимых типов оказались близки между собой при некотором преимуществе судов мембранного типа;
- по капитальным затратам на подготовку производства значительное преимущество имеют суда с мембранной системой.

С учетом вышесказанного наиболее предпочтительным вариантом газовоза для строительства на отечественных судостроительных предприятиях, по крайней мере на начальных этапах, следует считать газовоз с мембранной системой хранения груза, а именно с грузовыми танками типа NO-96, выполненными по лицензии компании «GTT».

Мембранные грузовые танки – это емкости, образованные тонкой оболочкой, способной воспринимать только растягивающие напряжения и поддерживаемой смежными корпусными конструкциями. Конструкции мембранных танков обеспечивают непроницаемость своей оболочки как при деформациях, связанных с изгибом корпусных конструкций, так и при термических деформациях. Основное отличие различных систем мембранных танков – конструкция изоляции. В целом они имеют слои, создающие теплоизоляцию и металлическую

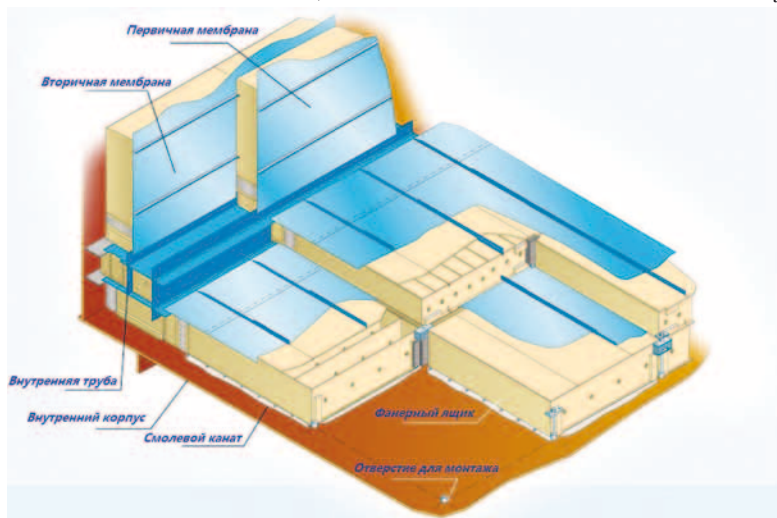


Рис. 1. Система хранения груза типа NO-96

мембрану толщиной около 1 мм, обеспечивающую непроницаемость. Например, система хранения груза типа NO-96, изготовленная по лицензии компании «Gaztransport & Technigaz» («ГТТ», Франция), (рис. 1), представляет собой два теплоизоляционных слоя, выполненных из фанерных ящиков, наполненных перлитом, разделенных двумя мембранами из специального сплава Invar®, с 36%-ным содержанием никеля, имеющего минимальный коэффициент теплового расширения.

К настоящему времени сложился устойчивый архитектурно-конструктивный тип газозовозов с мембранными танками, это связано с тем, что форма, протяженность и расположение грузовых танков жестко регламентированы (рис. 2). Эти ограничения связаны с рядом факторов, из которых основным следует признать явление «слошинга» (резкое увеличение давления на корпусные конструкции оказываемого грузом при качке судна). Кроме этого, необходимо учитывать требования по обеспечению минимального испарения груза в процессе транспортировки, а также конструктивные особенности тепловой изоляции.

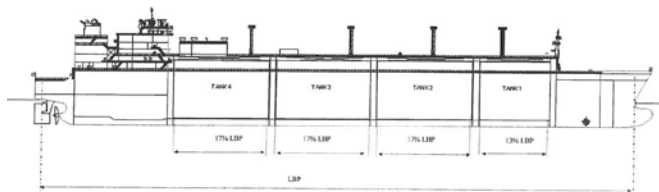


Рис. 2. Протяженность грузовых танков

Помимо этого надо отметить, что корпус газозовоза с мембранными танками представляет собой замкнутую двойную оболочку, образованную двойным дном, двойными бортами и двойной тронковой палубой. Толщина внутренней обшивки корпуса имеет серьезные ограничения в связи с требованиями к отсутствию технологических и эксплуатационных деформаций. В подобных условиях требования к общей прочности судна не играют существенной роли при проектировании корпусных конструкций и не особенно влияют на выбор как главных размерений, так и их соотношений.

Таким образом, статистический метод выбора главных размерений, основанный на анализе информации о построенных судах, может дать неплохие результаты на начальных стадиях проектирования.

Зависимости главных размерений газозовозов от их вместимости рассматривались в большом количестве работ, среди которых следует выделить работы С.И.Логачева «Анализ основных элементов и характеристик современных судов для перевозки сжиженного природного газа (газовозов LNG)» (Морской вестник, 2005, №3); В.В.Зайцева, Ю.Н.Коробанова «Суда-газовозы» (Л., Судостроение, 1990). Авторами данной статьи был произведен дополнительный анализ статистической информации и построены зависимости главных размерений от грузоемкости, основанные на данных по судам только с мембранными грузовыми танками (рис. 3–5).

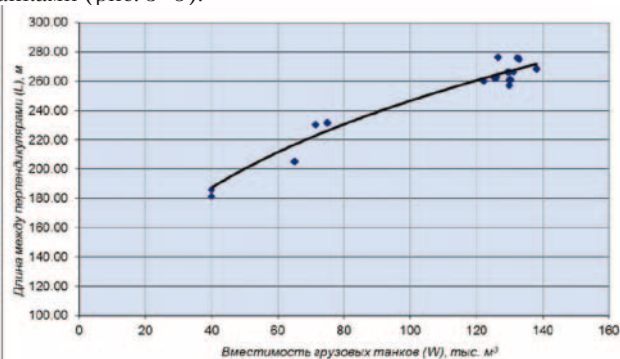


Рис. 3. Зависимость длины газозовоза от грузоемкости

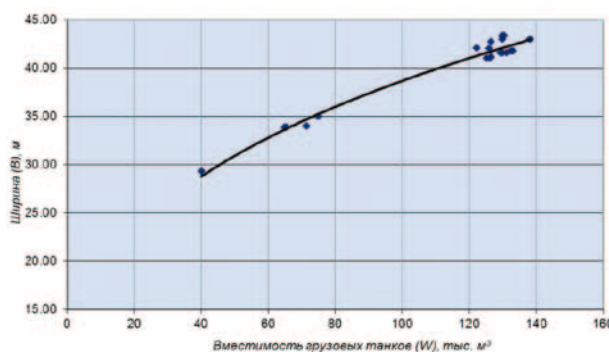


Рис. 4. Зависимость ширины газозовоза от грузоемкости

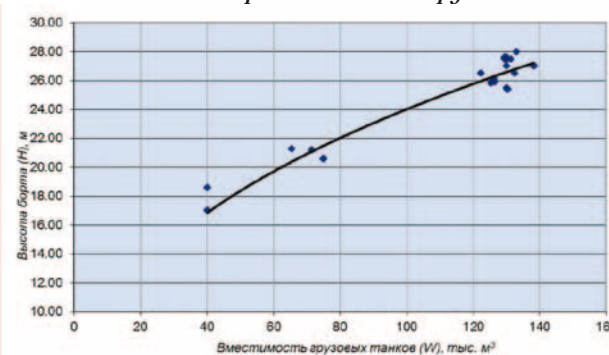


Рис. 5. Зависимость высоты борта газозовоза от грузоемкости

На дальнейших этапах работы над проектом при проведении проработки окончательной формы и размеров грузовых танков, как правило, уточняются полученные на первоначальной стадии размеры судна и их соотношения уже с учетом требований оптимизации формы корпуса. Эту задачу следует решать с учетом ряда ограничений, в частности, ширина двойных бортов в грузовом пространстве регламентирована как требованиями Международного газового кодекса (IGC), так и требованиями классификационных обществ, а также соображениями технологичности. Дополнительно необходимо обеспечить определенный объем балластных танков для выполнения требований погрузочно-разгрузочных терминалов по разнице осадок в грузовом и балластном состоянии. Кроме этого, как упоминалось ранее, существует жестко регламентированные варианты формы носового грузового танка, которые с учетом упомянутых ограничений по ширине двойного борта имеют сильное влияние на величину носового заострения корпуса судна.

Задачу по оптимизации формы корпуса судна в таких условиях необходимо решать в несколько этапов, совмещая широкое применение современной вычислительной техники с проведением модельных испытаний. Сказанное выше можно проиллюстрировать примером проектирования корпуса газозовоза грузоемкостью около 79 000 м³, выполненного в ОАО «Северное ПКБ» в ходе ОКР «Газовоз-250», в рамках ФЦП «Развитие гражданской морской техники до 2016 г.».

На первом этапе работ была выполнена математическая модель корпуса судна с использованием системы автоматизированного проектирования FORAN. В последующем данная модель обрабатывалась в системе численного моделирования стационарных и нестационарных течений жидкости и газа FlowVision (рис. 6).

Применение данного ПМО позволило получить качественную картину обтекания корпуса и выровнять «проблемные» участки поверхности, создававшие дополнительное сопротивление. После этого был проведен комплекс модельных ходовых испытаний в ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова, который подтвердил неплохое гидродинамическое качество корпуса проектируемого газозовоза. При этом в дополнение к сглаживанию поверхности корпуса

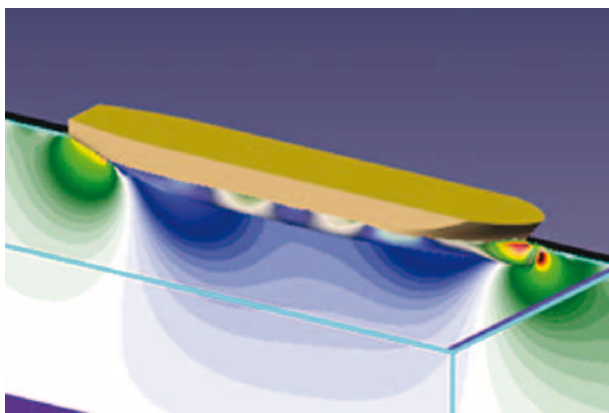


Рис. 6. Картина обтекания корпуса газовоза вместимостью ок. 79 000 м³

рассматривалась целесообразность использования специализированных устройств по снижению сопротивления (корректирующие преднасадки и т.д.).

Подобный многоступенчатый подход позволяет добиться высокого качества поверхности корпуса судна и, соответственно, существенного снижения сопротивления движению – одной из ключевых составляющих повышения энергоэффективности судна.

Помимо оптимизации формы корпуса судна определенного эффекта можно бы достиг за счет снижения массы металлического корпуса, однако для данных судов снижение металлоемкости корпуса не всегда достижимо. И связано это в первую очередь с рядом ограничений, о которых упоминалось ранее. Конструктивные узлы и элементы определяются зачастую особенностями конструкции теплоизоляции и ограничениями прочности мембран, которые порой существенно превосходят действующие требования к местной и общей прочности корпуса судна. В подобных обстоятельствах широкое применение сталей повышенной прочности не дает требуемого эффекта и не приводит к снижению массы конструкций корпуса. Как можно видеть из рис. 7, где показан грузовой отсек газовоза вместимостью около 79 000 м³, спроектированный с учетом всех требований компании «ГТТ» по жесткости внутренней оболочки, действующие при этом суммарные напряжения как от общего изгиба всего корпуса, так и от местного изгиба отдельных перекрытий, существенно ниже допускаемых.

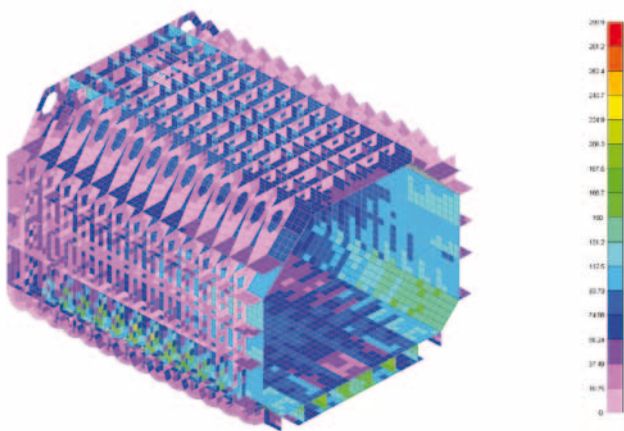


Рис. 7. Распределение действующих напряжений в конструкциях корпуса газовоза вместимостью около 79 000 м³.

Еще одной важнейшей задачей, встающей перед проектировщиком, является вопрос выбора типа и состава энергетической установки будущего газовоза. Основные требования, предъявляемые к ГЭУ, – это гибкость и эффектив-

ность, а также способность приспосабливаться к различным скоростям судна и альтернативным рабочим профилям. Дополнительным немаловажным моментом при выборе ГЭУ для газовоза является утилизация испаряющегося в процессе транспортировки природного газа. Какая бы ни была выбрана пропульсивная установка, должен быть выбран способ наиболее полезного использования испаряющегося газа. Существуют два варианта его использования: либо с использованием газа в качестве топлива, либо его повторное сжижение. В течение многих лет паровой котел был простейшим решением этой проблемы. Это долгое время служило препятствием для внедрения других пропульсивных систем на рынок судов для перевозки СПГ и приводило к тому, что паровые турбины являлись стандартным вариантом для газовозов.

Основной недостаток традиционной паротурбинной установки – ее низкая эффективность, а отсюда высокий уровень расхода топлива. Также следует учитывать аспекты охраны окружающей среды. Высокий уровень расхода паротурбинной установки приводит непосредственно к высокому уровню выброса CO₂, что становится еще большим препятствием для ее использования в будущем. Хотя уровень выбросов NO_x традиционных судов для перевозки СПГ очень низок вследствие характеристик горения в котлах, выбросы SO_x значительны, поскольку дополнительно используется тяжелое топливо для обеспечения потребности в энергии.

Среди прочих аргументов против паровой установки, которые часто можно услышать, – отсутствие компетентных паровых техников, плохие характеристики маневрирования и ограниченное пропульсивное резервирование.

Одна из наиболее интересных альтернатив как с технической, так и экономической точек зрения – это сочетание двухтопливных двигателей и электрической пропульсивной установки.

Электрическая пропульсивная установка, несомненно, позволяет рассматривать наиболее гибкие альтернативы расположения механизмов. Также при разделенных машинных отделениях и вспомогательных системах легко обеспечить требуемый уровень резервирования. В качестве привода генераторов можно использовать двухтопливные дизельные двигатели низкого давления. Двухтопливные двигатели могут работать на топливе в виде испаряющегося газа, либо дизельного топлива. При электрической пропульсивной установке нет необходимости использовать отдельные вспомогательные генераторные установки, поэтому общая установленная мощность может быть снижена. При проведении грузовых операций одной генераторной установкой достаточно, чтобы обеспечивать достаточным количеством энергии всех потребителей.

Система электрического привода резервируется, и поэтому может быть выбрана одновинтовая электрическая пропульсивная установка с винтом фиксированного шага. При этом гребные электродвигатели передают мощность с помощью суммирующего редуктора.

Установка характеризуется высокой эффективностью, безопасностью и гибким использованием установленных главных механизмов. В дополнение к этому существует возможность осуществлять профилактическое техобслуживание и ремонт в море и во время захода в порт, которая отсутствует при использовании паровой установки или других альтернатив с одним двигателем.

Рассмотренные пути повышения энергоэффективности газовозов позволят создавать суда, отвечающие всем современным требованиям и пожеланиям потенциального заказчика. ■

ИСТОРИЯ ВОПРОСА

Идея Паскаля о создании больших сил с помощью воздействия малых давлений на поверхности большой площади была практически реализована в XX в. при создании судов (платформ) на воздушной подушке.

ЦМКБ «Алмаз» – ведущее в России (а по крупным КВП и в мире) проектное предприятие, по проектам которого построено свыше 100 кораблей и катеров на воздушной подушке (КВП) массой от 10 до 550 т при общем построенном тоннаже свыше 20 000 т.

История создания отечественных КВП началась с конца 60-х гг., когда в серию пошли легкие «Скаты», предназначенные для перевозки 50 десантников, и мощные «Джейраны», способные перевозить десант и технику общей массой до 80 т. Венцом программы строительства десантных кораблей на воздушной подушке (КВП) стали серийно строящиеся с середины 80-х гг. КВП «Мурена» и «Зубр», являющийся самым крупным в мире кораблем этого типа, способным перевозить десант с техникой общей массой 150 т со скоростью 60 уз на дальность 300 миль (свыше 550 км), двигаться на волнении высотой 2 м со скоростью 40 уз (74 км/ч) и высаживать технику на необорудованный берег с высотой препятствий до 1.6 м.



ДКВП № 12322 «Зубр»

Заложенные в этих проектах прогрессивные технические решения позволили путем модернизации еще более повысить их тактико-технические и эксплуатационные характеристики и создать базу для постройки СВП, непосредственно предназначенных для транспортных перевозок хозяйственного назначения. Уникальные возможности СВП, прежде всего амфибийность, позволяют рассматривать эти транспортные средства как одни из наиболее перспективных для районов Сибири, Крайнего Севера и мелководных шельфовых районов арктических морей.

С середины 60-х гг. прошлого столетия в США и Канаде проводились исследования возможности эксплуатации СВП в Арктике. В процессе реализации этих исследовательских программ реша-

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АМФИБИЙНЫХ СУДОВ НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАДАЧ В РАЙОНАХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

В.А. Абрамовский, канд. техн. наук,
гл. конструктор проекта, ОАО «ЦМКБ «Алмаз»,
Н.И. Пивоваров, зам. генерального директора ОАО «РИТЭК»,
Д.Е. Цыпляков, канд. техн. наук, зам. главного конструктора проекта,
А.В. Шляхтенко, д-р техн. наук, проф., генеральный директор –
генеральный конструктор, ОАО «ЦМКБ «Алмаз»,
контакт. тел. (812) 369 1144

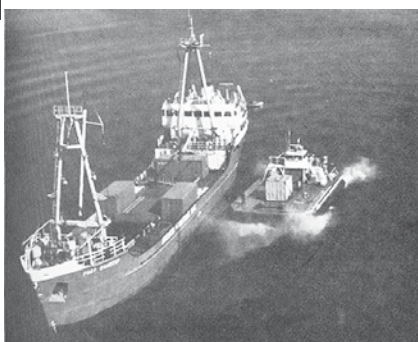


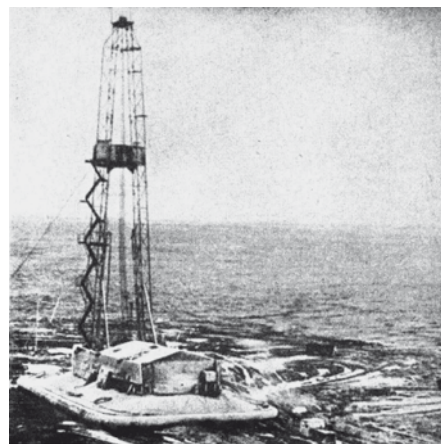
Рис. 2. Перегрузка контейнеров

лись задачи изучения влияния условий окружающей среды, их влияние на эксплуатацию СВП и исследование и разработка для условий Арктики наиболее ответственных подсистем СВП (корпус, гибкое ограждение, система обнаружения препятствий и других). В 1974 г. транспортное СВП «Вояджер» [1] прошло 2500 км вниз по р. Маккензи, а затем над паковым льдом вдоль Северного Ледовитого океана к побережью Аляски. На отдельных участках маршрута СВП перевозило грузы общей массой до 25 т (буровое оборудование, трубы, контейнеры, емкости с горючим, бульдозеры и др.). Был сделан вывод о возможности эксплуатации в арктических и субарктических районах в течение восьми-девяти месяцев в году. В декабре, январе и феврале эксплуатация становится слишком рискованной из-за темноты, туманов и снежных бурь. Хотя стоимость перевозок составляла 2,5–4,0 долл./т-миля (при стоимости перевозок по воде в летнее время 0,5 долл./т-миля), нефтяные компании, для которых осуществлялись

перевозки, охотно шли на такие расходы, поскольку существенно сокращались потери рабочего времени в течение сезона, и, кроме того, появилась возможность доставки крупногабаритных грузов. Кроме чисто транспортных задач, канадская программа исследовала возможности использования СВП и платформ на ВП для ледокольных работ.

В 70-е гг. в СССР принцип воздушной подушки применялся на нефтяных месторождениях западной Сибири. В качестве примера может служить платформа ВУ-75-ВП, построенная Тюменским судоремонтным заводом по проекту Западно-Сибирского НИИ нефтяного машиностроения, на которой впервые в мире в 1975 г. была перемещена на новое месторождение нефтяная вышка без разборки вместе со всем обеспечивающим оборудованием общей массой около 70 т [1].

В 1985–1986 гг. были проведены круглогодичные испытания КВП «Мурена»



Платформа ВУ-75-ВП

в акватории реки Амур. В ходе испытаний в летнее время катер передвигался по реке и ее протокам, преодолевал отмели, двигался по берегу с различной подстилающей поверхностью (пашня, луг, болото, кустарник). Максимальное удаление от уреза воды достигало 10 км. В зимнее время, а также в период осеннего ледостава и весеннего ледохода катер двигался по сплошному, торосистому (высота торосов – до 0,8 м) и битому льду, а также снежному покрову. Проверялась работа энергетической установки, систем и устройств катера при температуре –30°.

Эти испытания дали очень ценную информацию о возможностях эксплуатации СВП. Они позволили сделать вывод об уникальной проходимости КВП в таких условиях, в которых традиционные транспортные средства либо не могут эксплуатироваться, либо их возможности существенно ограничены. В то же время результаты испытаний выявили ряд специфических проблем, связанных с климатическими условиями Крайнего Севера (отрицательная температура, атмосферные осадки, торосистый и битый лед, болота, удаленность от судоремонтных центров и т. д.), которые поставили перед конструкторами СВП ряд сложных задач, требующих новых проектных и технологических решений.

ПРОЕКТНАЯ КОНЦЕПЦИЯ СВП ДЛЯ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Опыт КВП военного назначения, безусловно, имеет огромное значение для создания и внедрения в эксплуатацию транспортных СВП. Но было бы неправильно считать, что существующие проекты можно использовать для перевозок в северных условиях, ограничившись незначительными переделками (сняв вооружение, заменив радиосвязь и т.п.). Сама «идеология» боевого корабля состоит в максимальном усилении его боевых качеств, зачастую, в ущерб другим, например, таким, как экономичность. На КВП используются мощные, форсированные газовые турбины, для обеспечения высокой скорости хода на волнении. Как следствие – расходы топлива, неприемлемые для коммерческой эксплуатации (например, на «Зубре» до 9 т в час), а также низкий моторесурс двигателей (1000 ч до капремонта). Этого достаточно для решения боевых задач, но неприемлемо для коммерческой эксплуатации, где наработка требуется на порядок больше. Кроме того, на кораблях ВМФ действует отработанная система технического обслуживания, от ежедневных регламентных работ до ремонтов различного уровня, что сложно обеспечить в полевых условиях.

Таким образом, проектная концепция для СВП, предназначенных для экс-

плуатации в жестких условиях Севера, должна базироваться не на адаптации отдельных конструкций или систем к кратковременному воздействию низких температур, а на принципе постоянной работы судна в экстремальных условиях, причем с требованием осуществления регулярных рейсов при минимальной поддержке со стороны служб технического обеспечения.

Отметим, что «минимальная техническая поддержка» ни в коей мере не означает упрощения задачи. Скорее, наоборот, при отсутствии в рассматриваемых районах специализированных судоремонтных заводов и оборудованных баз, где суда могут проходить плановые и аварийные ремонты и регламентное техническое обслуживание (РТО), для арктических СВП должна быть разработана принципиально иная система. Эта система должна предусматривать организацию в конечных пунктах трасс большой протяженности баз РТО, имеющих необходимые ремкомплекты для ремонтных работ и соответствующее оборудование (аналогично авторемонтным предприятиям). И, конечно, наряду с высокими технико-эксплуатационными качествами и надежностью, для транспортных СВП крайне важна экономическая эффективность эксплуатации, более высокая, чем у других альтернативных видов транспорта.

Изложенная концепция послужила основой при разработке в ЦМКБ «Алмаз» проектов транспортных СВП различной грузоподъемности для обеспечения работ нефтегазового комплекса в северных районах России:



Проект 18810 «Бобер»

Транспортное СВП «Бобер» пр. 18810 было разработано по техническому заданию ОАО «РИТЭК» для транспортировки различного оборудования и техники, необходимых для обеспечения эксплуатации нефтяных месторождений, расположенных во внутренних районах страны. СВПА может эксплуатироваться на внутренних водных путях разряда «О» и части устья Обской губы. Имея размеры грузовой палубы 1210 м и грузоподъемность 25 т, судно может круглогодично перевозить различные виды грузов: трубы длиной до 12 м, диаметром до 1,4 м, стандартные 20-футовые контейнеры, колесную и гусеничную технику. В случае необходимости в рамках существующего проекта

может быть разработан съемный пассажирский модуль с системами жизнеобеспечения вместимостью до 150 человек.

Транспортное СВП «Мул» пр. 22620 грузоподъемностью 50 т также было разработано по техническому заданию ОАО «РИТЭК» на базе технических решений, реализованных в пр. 18810 (силовых установок, винтов, нагнетателей). Судно способно осуществлять транспортировку той же номенклатуры грузов, но в большем количестве, при этом может работать в прибрежной морской зоне.

Транспортное СВП грузоподъемностью 150 т (ТСВП-150) было разработано ЦМКБ «Алмаз» в инициативном порядке на стадии техпредложения в ходе проработок проекта целевой программы Минпромэнерго РФ и ОАО «Газпром» по созданию технологии комплексного транспортного обслуживания предприятий ОАО «Газпром», ТЭК и других отраслей народного хозяйства. Исходные данные по номенклатуре перевозимых грузов и маршрутам их транспортировки применительно к условиям Бованенковского газового месторождения (полуостров Ямал) сообщались структурными подразделениями ОАО «Газпром».

ТСВП-150 с площадью грузовой палубы более 420 м² способно круглогодично транспортировать трубы длиной до 18 м, контейнеры, трубоукладчики, бульдозеры, экскаваторы, краны.



ТСВП-150 на базе КВП «Зубр»

Способность перевозить с моря на берег и далее до месторождения крупные строительные-технологические блоки (блок-понтон, блок-контейнеры) без промежуточной перевалки на временные площадки хранения является наиболее ценным качеством ТСВП-150. Как было отмечено на сессии НТС Российского союза нефтегазостроителей по вопросам освоения газоконденсатных месторождений полуострова Ямал в июле 2005 г. [2], технологии крупноблочного обустройства объектов ГКМ нет альтернативы.

В качестве примера на упомянутом НТС приводилось крупнейшее Ямбургское месторождение, где применено 230 блок-понтон. Из них сооружены все основные производственные объекты УКПГ (установки комплексной подготовки газа), эксплуатирующиеся с сентября 1986 г. Блок-понтон позволили доставить объекты на площадку

строительства в 90–95%-ной готовности, т.е. в несколько раз сократить там число строителей и сократить сроки ввода УКПГ до семи-девяти месяцев вместо нормативных 38 месяцев.

Хотя грузоподъемность ТСВП-150 не позволяет транспортировать суперблоки массой более 150 т, но перевозка даже 50-, 100- и 150-тонных блоков, которые составляют, например, в объеме грузов для Бованенковского месторождения почти 3000 т, а также других крупногабаритных грузов, позволит сократить трудоемкость и сроки строительства.

Многоцелевой катер на ВП «Чилим» для перевозки 12 человек. Этот катер может выполнять широкий круг задач, необходимых при обустройстве и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений: мониторинг состояния трубопроводов, доставку аварийных и геологоразведочных партий, медицинских бригад, поисково-спасательные операции.



Рис. 6. Многоцелевой КВП «Чилим»

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СВП

При строительстве и эксплуатации объектов нефтегазодобычи стоят следующие транспортные задачи:

1. Транспортировка грузов, в том числе крупногабаритных, от судов, стоящих на рейде на расстоянии до 10–15 км от берега, до места складирования на берегу.

2. Транспортировка грузов от места складирования до пунктов назначения.

3. Доставка грузов на объекты в прибрежной морской зоне и на шельфе.

4. Транспортировка ремонтных партий с техникой, инструментами и материалами к местам аварий, разливов нефти и т.п.

5. Доставка персонала на объекты нефтегазодобычи и транспортировки.

При этом должна быть обеспечена возможность круглогодичной эксплуатации над водной поверхностью, сплошным, битым и торосистым льдом, над поверхностью суши, снежным покровом, над лугом, покрытым кочками и мелким кустарником, над болотом при температуре наружного воздуха от –40 до +30°С.

Как показал сравнительный анализ, из всех видов транспорта (железнодорожный, автомобильный, водный, авиационный), только СВП способны обеспечить решение всего комплекса этих

задач при реально существующих климатических и геологических условиях в районах Крайнего Севера, побережья и шельфа арктических морей. Однако главным критерием при выборе техники и технологии транспортировки является экономический эффект решения задачи. Используя публикации в отраслевых изданиях и Интернете, проведена упрощенная оценка экономической эффективности транспортных операций с помощью СВП в сравнении с наиболее распространенным использованием большегрузного автотранспорта по «зимнику» и по стационарной насыпной автодороге. Оценка производится по критерию приведенных затрат (стоимость тонно-километра), на промежуток пятилетней эксплуатации. Стоимость сооружения и эксплуатации дорог колеблется в зависимости от их типа, технологии строительства, природных условий и по разным источникам составляет:

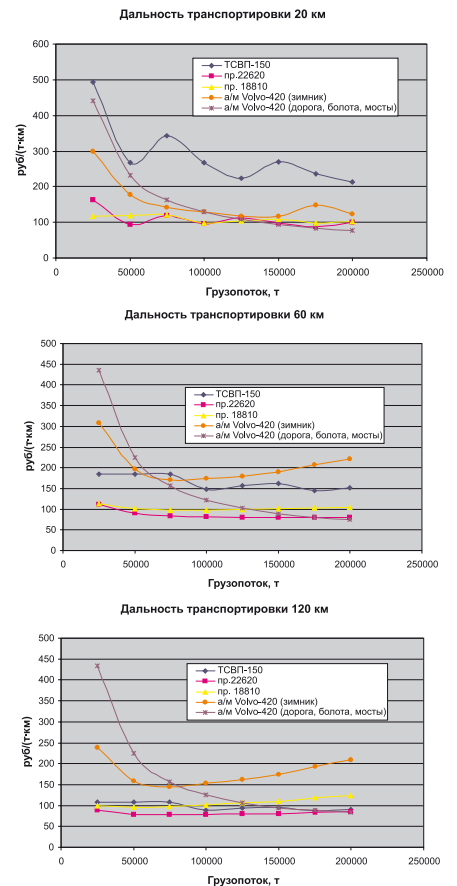
– снежно-ледовые дороги – «зимники» (срок эксплуатации 4–5 месяцев): до 5 млн. руб. ·км;

– автомобильная дорога в условиях тундры – от 30 до 40 млн. руб./км (в зависимости от типа покрытия, ширины и высоты полотна, количества мостов и т.д. (в расчете 36 млн. руб·км [6]).

Оценка производилась для трех типов СВП и грузовиков «Volvo 420», грузоподъемностью 25 т, одинаковой с СВП пр. 18810 «Бобер». Для каждого годового грузопотока определялось количество потребных транспортных средств и рассчитывались их приведенные затраты (т.е. эксплуатационные + капитальные в инфраструктуру). Результаты оценки представлены на диаграммах (см. ниже) в зависимости от дальности и годового объема грузоперевозок.

Результаты оценки показывают, что эксплуатация грузовых СВП при грузопотоках менее 120 000 т в год выгоднее альтернативных проектов, вследствие меньших затрат на капитальное строительство и отсутствия затрат на обслуживание дорог. Для СВП требуется только выбор маршрута с точки зрения рельефа местности: трасса должна исключать глубокие овраги и затяжные подъемы. Экспресс-анализ картматериалов и аэросъемочных данных, выполненных компанией «Геокосмос», показывает принципиальную возможность проложения достаточно большого количества маршрутов прохождения судов на воздушной подушке как в районах нефтегазодобычи: Тазовского и Гыданского п-овов, п-ова Ямал и т.д. Результаты нашей экономической оценки, в целом, согласуются с выводами исследования «НИИГазэкономика» [4].

Имеется еще ряд факторов, точный учет которых требует специальных ис-



Удельные затраты, приведенные к пяти годам эксплуатации

следований, но положительный эффект при использовании СВП очевиден. При доставке грузов морем в летнюю навигацию, например на Ямале, проводится двухэтапная процедура: с крупнотоннажных судов (10 тыс. т и более), которые из-за мелководья не могут подойти ближе 10–15 км к берегу, груз перегружают на мелкосидящие баржи и отбуксировывают на промежуточный склад либо в порту Харасавэй, либо по р. Мордыяхья вглубь полуострова в пределах возможных глубин [4].

Второй вариант короче по расстоянию, но требует плавсредств с очень малой осадкой, что создает ряд проблем при перегрузке в море. В любом случае необходимо создавать промежуточный склад, на котором грузы будут находиться до декабря (затраты на строительство склада, хранение, «замораживание» оборотных средств). После ввода в строй «зимника» начинается перевозка автотранспортом до месторождения.

Использование СВП позволяет, минуя промежуточный склад, доставлять груз на монтажную площадку, причем эксплуатационный период увеличивается с четырех до восьми-девяти месяцев (исключая экстремальные погодные условия). Можно приблизительно оценить порядок экономии за счет исключения

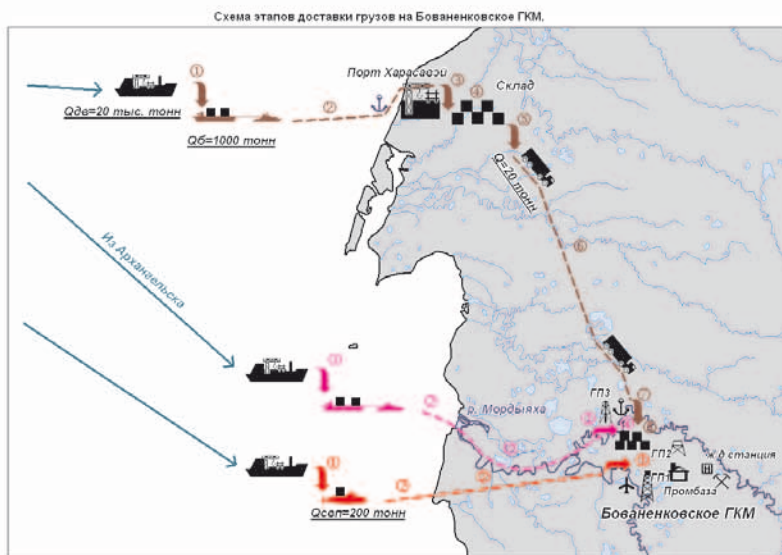


Схема доставки грузов на Бованенковское ГКМ

дополнительной перевалки при использовании хотя бы одного ТСВП-150 на маршруте Харасавэй–Бованенково (120 км). За навигационный период восьми месяцев (240 дней) – даже при одном рейсе в сутки (время рейса, включая переход туда-обратно, погрузку-выгрузку около 8 часов) ТСВП-150 перевезет 36 000 т груза. Взяв за основу базовые ставки погрузо-разгрузочных работ Находкинского МТП:

- объемное оборудование, металлоконструкции – 13 долл./т;
- прокат, трубы длиной более 8 м – 7 долл./т, и принимаем средний тариф 10 долл./т, получим только по данной статье 720 000 долл. экономии за навигацию.

Но основной эффект применения СВП, который не учитывается при оценке эффективности методом приведенных затрат – это эффект сокращения сроков обустройства месторождений Крайнего Севера и Сибири. Имея возможность работать почти круглый год вместо 4-х месяцев, СВП обеспечат *ускорение ввода в строй месторождения* и тем самым получение дополнительной прибыли от продажи нефти и газа.

Есть еще один пример возможного применения СВП. На уже упоминавшемся НТС Российского союза нефтегазостроителей [2], в числе многочисленных проблем, связанных с природными условиями тундры Крайнего Севера, отмечалось регулярное затопление районов ГКМ во время весеннего паводка. Кроме того, учитывая общее потепление климата и ожидаемую усадку территории месторождений в процессе разработки (по опыту Уренгойского ГКМ, в среднем, на 1 м), следует ожидать, что через некоторое время территории ГКМ могут оказаться под слоем воды. Как выход, предла-

гается в контуре месторождений сооружать только кусты скважин с поднятием рабочей площадки на значительную высоту за счет отсыпки (и постоянного охлаждения!) грунта, а капитальные сооружения, объекты энергообеспечения, административные и жилые вынести за контур месторождения (примерно до 10 км). Остается открытым вопрос обслуживания скважин, ликвидации аварий на скважинах и разрывов на трубопроводах. Каким транспортом доставлять по затопленному пространству к аварийному объекту оборудование, материалы, людей? Вертолетами? Но не всякий груз можно везти на подвеске, значит, надо у каждого куста скважин сооружать посадочную площадку. А, например, на Ямале, кроме Бованенковского, имеется еще 25 месторождений, и большинство с такими же проблемами. Между тем, все проблемы транспортного обслуживания затопляемых территорий с помощью СВП *решаются полностью*.

Все затронутые вопросы в полной мере актуальны не только для предприятий нефтегазовой отрасли. Вспомним, что в 70–80-х гг. прошлого века по поручению Правительства СССР научными и проектными организациями Минсудпрома и Минморфлота прорабатывались предложения для широкомасштабной программы использования СВП в обеспечении завоза грузов в северные регионы по трассе Северного морского пути (СМП). Из 100 портопунктов по этому маршруту менее 10 имеют причалы и портовое оборудование, в остальных случаях суда вынуждены разгружаться с рейдов, часто при наличии ледового припая, используя при этом плавающие транспортеры, буксируемые платформы, вертолеты.

Исследования показали, что применение рейдовых разгрузчиков на ВП

грузоподъемностью 25, 100, а в перспективе 300 тонн позволит сократить время и снизить затраты доставки грузов на берег и последующей их развозки вглубь побережья. Эта проблема актуальна и сегодня и может быть организационно увязана с задачами ТЭК (унификация платформ, совместное использование).

В заключение затронем вопрос о практической реализации технологии перевозок с помощью СВП. На наш взгляд, ее решение упирается в проблему финансирования. Как бы ни было привлекательно круглогодичное транспортное обеспечение строительства новых объектов нефтегазовой отрасли, но это в перспективе, а деньги на проектирование и строительство надо изыскивать сейчас, причем уйдут время и средства на создание инфраструктуры, подготовку кадров и другие вопросы. Эта проблема требует серьезной проработки и отдельного обсуждения, выходящего за рамки данной статьи. Выскажем, в порядке обсуждения, такую идею: может быть, финансирование таких сложных проектов, как ТСВП-150, целесообразно осуществлять с государственным участием, а более простые проекты, такие как «Бобер», профинансируют сами заинтересованные компании? Конечно, на них лягут трудности освоения, но при этом они станут владельцами интеллектуального продукта и новой технологии, которые не только повысят эффективность собственных работ, но и могут быть самостоятельным товаром.

ЛИТЕРАТУРА

1. Jane's Surface Skimmers, 1984.
2. Решение НТС Российского союза нефтегазостроителей по вопросам освоения газоконденсатных месторождений полуострова Ямал. <http://www/rosngs.ru/> 19.07.2005.
3. *Е. Колесникова*. Газпром переоценивает Ямал. – РБК, 07.03.2006.
4. *Филиппов П.Г.*. Укрупненная оценка экономической эффективности использования судов на воздушной подушке различной грузоподъемности при доставке грузов на п-ве Ямал. – Презентация ООО «НИИГазэкономика» для Координационного совета ОАО «Газпром», октябрь 2005 г.
5. *Мельников С.* Анализ рельефа местности в районе Бованенковского газоконденсатного месторождения и вдоль трассы магистрального газопровода для оценки возможности использования судов на воздушной подушке. – Презентация компании «Геокосмос» для Координационного совета ОАО «Газпром», октябрь 2005 г.
6. Перерабатывать половину. – Официальный сайт компании ОАО «Роснефть» <http://www/rosneft.ru/> ■

Выставка «Нева» по праву считается одним из ведущих мировых форумов гражданского судостроения. Представляемые на ней новейшие образцы морской техники, перспективные проекты и разработки дают возможность участникам и гостям составить представление о современном уровне развития судостроения и оценить перспективы.

ОАО «КБ «Вымпел» принимает активное участие во всех этих выставках, начиная с первой. Отметившее в прошлом году свое 80-летие бюро, занимающее лидирующее положение в различных секторах судостроительного рынка, целеустремленно работает над укреплением своих позиций в сложных, наукоемких секторах судостроения. Примерами такой работы может служить совместная с ОАО ЦКБ «Балтсудпроект» разработка судна снабжения для работ с ППБУ пр. 22420.

Класс судна: КМ ⚡ Arc 4 1 AUT1 FF2WS DYNPOS-2 EPP Supply Vessel, Special purpose ship.

Основные характеристики судна: длина – 90 м, ширина – 19 м, осадка – 7 м, дедвейт – 4415 т, палубный груз – 1500 т, площадь грузовой палубы – 750 м².

Особенностью проектирования судна силами двух проектных организаций стала система отработки взаимодействия и распределения работ, распространенная у передовых европейских проектантов. Судно по пр. 22420 строится на ОАО «Амурский ССЗ».



Судно-снабженец пр.22420

Полным ходом идет разработка проекта спасательно-буксирного судна пр. 22870. Его основные характеристики: длина – 57 м, ширина – 14 м, тяга на гаке – 500 кН, скорость хода – 14 уз, движители – азимутальные винторулевые колонки. Судно оснащено оборудованием для проведения водолазных и спасательных работ, обеспечено динамическое позиционирование. Также на нем установлено оборудование для ликвидации аварийных разливов нефти и тушения пожаров. Заложено на Астраханском СРЗ.

Благовещенский ССЗ подписал контракт на строительство водолазных катеров пр. 14157, при проектировании которых КБ столкнулось с необходимостью компактного размещения оборудования для выполнения задач, заложенных в техническом задании при жестком ограничении водоизмещения.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СУДОВ КБ «ВЫМПЕЛ»

В.В. Шаталов, генеральный директор,

Р.М. Бегиев, заместитель директора по маркетингу, ОАО «КБ «Вымпел»,
контакт. тел. (831) 439 7606

Перспективным и значимым для бюро направлением является постройка судов в области газонефтедобычи. В этом году выполнен концептуальный проект судна-газовоза CNG производственно-транспортного типа усиленного ледового класса, предназначенного для использования в составе морской газотранспортной системы. Работа выполнена по договору с ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова – главным исполнителем ОКР «Разработка технологии морской транспортировки сжатого природного газа судами-газовозами CNG». **Класс судна:** КМ ⚡ Arc 6 2 AUT1-ICS EPP IGS-NG CCO Gas carrier type 2G(CNG) Российского Морского Регистра судоходства.

Главной особенностью судна является возможность приема до 11 млн. м³ газа без предварительной обработки непосредственно с месторождения на шельфе или с берегового терминала и круглогодичной транспортировки его в компримированном (сжатом до 25 МПа) виде в пункты для сжижения либо подготовки к закачке в береговые газопроводы или хранилища. Применительно к Ямалу и шельфу Карского моря газотранспортная система с использованием таких судов-газовозов CNG может рассматриваться как альтернатива строительству на побережье полуострова Ямал завода для сжижения природного газа с последующим вывозом его челночными танкерами LNG в незамерзающие порты.

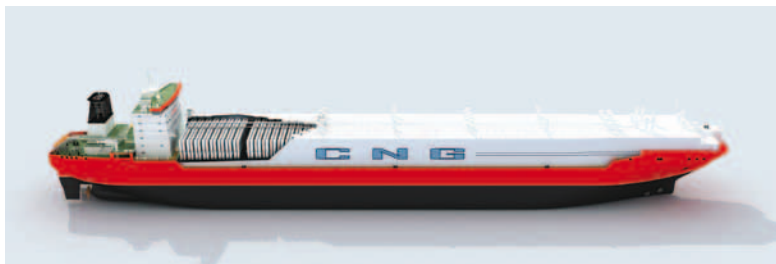
Разработка концептуального проекта газовоза CNG производственно-транспортного типа арктического рай-

заправщика, проект плавучего комплекса подготовки и компремирования газа, а также проект универсальной плавучей газотурбинной электростанции.

Используя богатый опыт КБ при разработке, строительстве и эксплуатации транспортной погрузочной платформы «Севан», с помощью которой была доставлена к месту установки ледостойкая стационарная платформа (ЛСП-1), предназначенная для обустройства месторождения им. Юрия Корчагина на Северном Каспии, и наработки по судам на воздушной подушке, специализированная группа выполнила проект мобильного основания буровой установки на воздушной подушке. Результаты работы подтверждают техническую возможность проведения буровых работ на предельном мелководье с помощью такой установки.

Не оставляет без внимания КБ «Вымпел» проектирование танкеров. Так, по заказу ОАО «Норникель» на ОАО «Красноярская судостроительная» строится танкер-бункеровщик пр. 00213 дедвейтом 1200 т, а по заказу ОАО «НК Роснефть» на ОАО ДВЗ «Звезда» – танкер пр. 00211 дедвейтом 3100 т.

Квалифицированный конструкторский персонал бюро, налаженное взаимодействие с российскими и зарубежными коллегами, постоянная работа с поставщиками отечественного и зарубежного комплектующего оборудования, возможность технического сопровождения строительства судов по проектам бюро одновременно на нескольких заводах, современные технологии проек-



Судно-газовоз CNG

она плавания подтвердила реальность проектирования и строительства такого судна уже в настоящее время.

На базе этого проекта выполнены проработки проекта газовоза-

тирования – все это позволяет с уверенностью гарантировать заказчикам высокое качество, реальные сроки и привлекательную цену выполняемых конструкторским бюро «Вымпел» работ. ■

Виртуальное конструкторское бюро позволяет визуализировать модель (сборку) любой сложности в требуемом масштабе, в том числе и в масштабе 1:1, что дает возможность на этапе проектирования оценить правильность сборки, эргономику и соответствие требованиям заказчика. Такая возможность позволяет максимально снизить процент дальнейшего изменения в ходе проектирования и оценить соответствие требованиям заказчика, а значит, значительно снизить себестоимость изделия. Особо чувствительно это, когда речь идет о сложных изделиях с длительным циклом производства и эксплуатации, к которым относится в том числе продукция судостроительной промышленности. Такие изделия представляют собой большую сборку, составные части которой зачастую проектируются параллельно и в разных CAD-системах: обводы корпуса, набор, системы, специализированное оборудование и пр., что в дальнейшем будет собрано в единое целое.

До этапа производства обычно происходит оценка разработки, так как стоимость изменений на этапе проектирования значительно ниже, для чего используют различные решения, в частности создания прототипов. Зачастую создание цифрового прототипа в случае многокомпонентного изделия невозможно вследствие в числе прочего несовместимости CAD-систем, в которых проектируются различные части, и требований к аппаратному обеспечению для работы с такого рода большими сборками.



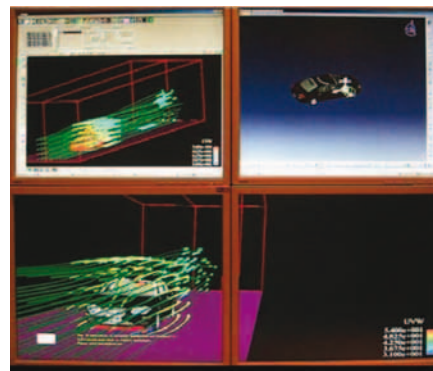
Работая в среде виртуального КБ, вы та же имеете возможность измерять расстояния между элементами внутри объекта, отслеживать пересечение предметов внутри модели, обсуждать технические решения совместно с вашим заказчиком. Это важно при проектировании, к примеру, внутренних систем судна, для недопущения ошибок и оптимизации пространства в проектируемом макете. Кроме того, реализация функции видеозаписи манипуляций, производимых «внутри» объекта, в дальнейшем будет способствовать созданию презентации или обучающей программы.

ВИРТУАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО

*Е.В. Волкова, начальник отдела ООО «Ирисофт»,
контакт. тел. (812) 325-43-35*

Виртуальное КБ – это комплексное решение именно для таких задач. оно позволяет визуализировать 3D-модель, выполненную в любой CAD-системе, и в дальнейшем без дополнительного преобразования спроецировать сборку на экране или системе экранов в любом требуемом масштабе. С помощью системы трекинга и стереочков вы получаете возможность буквально «ходить» по виртуальной сборке изделия. Используя систему экранов (трех, четырех), можно достичь эффект «полного присутствия».

Еще одной важной особенностью виртуального КБ является возможность визуализации гетерогенных данных, т.е. вы получаете возможность в одной картинке объединить трехмерные данные, полученные из различных источников (расчетные системы, CAD, CAE и пр.), таким образом создать цифровой прототип для решения задач виртуальных испытаний. Для работы в среде виртуального КБ не требуются навыки работы в CAD-системах, что делает его также инструментом управления.



Компания «Ирисофт» представила данное решение впервые в рамках участия в Международном военноморском салоне–2011, на своем стенде. Технологически в основу решения положены продукты CreoView, TechViz XL, система трекинга ART, стереопроектор Christie.



Виртуальное КБ – система нового поколения для виртуальных испытаний и коллективного взаимодействия, с широкими функциональными возможностями. ■

При обосновании рациональных проектных характеристик контейнеровозов мерой их эффективности можно считать срок окупаемости. Для его минимизации надо повышать провозоспособность и снижать затраты [1]. Задача может решаться как внешняя (обоснование контейнероёмкости, скорости и других позиций проектного задания) или как внутренняя (поиск оптимальных проектных элементов в рамках конкретного задания). Далее основное внимание следует обращать на внутреннюю задачу, при этом количественные данные соответствуют контейнеровозам, которые принято называть фидерными [2, 3].

Проектирование и строительство контейнеровозов ведется на протяжении уже около полувека, несмотря на постоянно меняющуюся мировую экономическую обстановку [1, 2]. В результате эволюции этих судов сложился стандартный архитектурно-компоновочный тип (рис. 1–4).

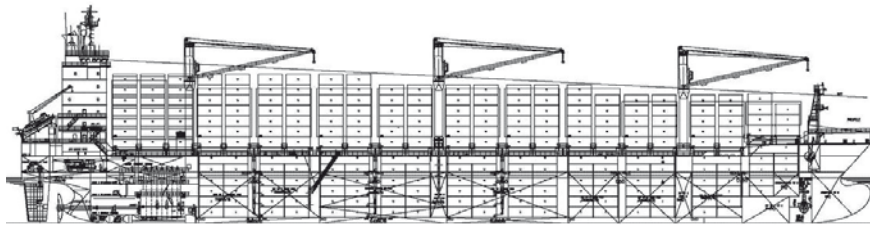


Рис. 1. Типичный современный контейнеровоз



Рис. 2. Типичный фидерный контейнеровоз

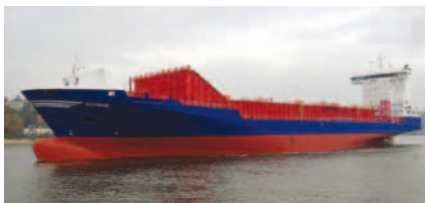


Рис. 3. Фидерный контейнеровоз с открытыми трюмами

Фидерные контейнеровозы с носовым расположением рубки (см. рис. 4)



Рис. 4. Фидерный контейнеровоз с носовым расположением рубки

ПРОЕКТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО ВАРИАНТА КОНТЕЙНЕРОВОЗА СРЕДНЕЙ ВМЕСТИМОСТИ

Д.И. Бородавин, аспирант СПбГМТУ,
контакт. тел. +7 904 330 3195

пока не приобрели широкого распространения в мировой практике. Связано это, в первую очередь, с повсеместной контейнеризацией, а именно, стандартизацией упаковки практически любых видов грузов и любого класса опасности. Это связано с удобством самой тары, дешевой эксплуатацией и упрощением декларирования при перевозке грузов в контейнерах, особенно, относительно дорогих штучных грузов, пе-

ревозка в открытом виде для которых опасна [2, 3]. Одним из свежих примеров развития данного подхода является приспособление контейнеров для перевозки горячего брикетированного железа (ГБЖ).

Статистические данные свидетельствуют о том, что, например, в порту Петербурга контейнерный грузопоток растет, при этом специализированные контейнеровозы, обеспечивающие перевозку морским путем, имеют вместимость не более 1700 TEU, при валовом регистровом тоннаже (GT) – не более 22 000 рег. т.

Большинство судов, приходящих в Петербург, принадлежат иностранным компаниям с мировыми именами, однако встречаются и отечественные компании – перевозчики, например, FESCO (Дальневосточное морское пароходство).

Задача проектирования сводится к определению потребностей рынка в перевозках и адаптации проектов под конкретные порты и заводы-строители [4, 5].

Схему проектного обоснования можно представить в виде нескольких укрупненных блоков (рис. 5).

Блок № 1 – Проектное задание – должно содержать, как обычно, четко сформулированное задание, важнейшими пунктами которого будут: 1) контейнероёмкость; 2) ограничения по размерам; 3) скорость; 4) автономность;

5) дальность плавания; 6) численность экипажа; 7) район плавания и ледовый класс; 8) обслуживаемые порты; 9) требования к заводу-строителю; 10) тип перевозимых контейнеров; 11) экономические требования. Могут быть указаны другие требования, которые заказчик сочтет важными [5, 6].

Блок № 2 – Решение задачи – подразумевает определение главных размеров и водоизмещения. Опираясь необходимо на формулы проектирования и базы данных по аналогичным судам [4].

Вычисления проводятся по обычной методике с вычислением длины L , ширины B , высоты корпуса H , осадки T , коэффициента общей полноты δ , мощности двигателей N , длины машинного отделения l_{MO} , например, по схеме В.В. Ашика [1]. Решаются две системы уравнений:

Первая система уравнений:

$$D = k \cdot \delta \cdot L \cdot B \cdot T; \quad (1)$$

$$l = L / (V)^{1/3} = f(V); \quad (2)$$

$$\delta = f(v / (g \cdot L)^{1/2}); \quad (3)$$

Здесь D – полная масса проектируемого судна; k – коэффициент выступающих частей; L – относительная длина судна; V – объемное водоизмещение; v – скорость, м/с; g – ускорение силы тяжести.

Измененная система уравнений имеет вид

$$D = k \cdot \gamma \cdot \delta \cdot L^3 / (l_B^2 \cdot b_T); \quad (4)$$

$$L = [D \cdot l_B^2 \cdot b_T / (k \cdot \gamma \cdot \delta)]^{1/3}; \quad (5)$$

$$B = L / l_B; \quad (6)$$

$$T = B / b_T; \quad (7)$$

где γ – массовая плотность воды; l_B – отношение длины к ширине; b_T – отношение ширины к осадке.

Обе системы позволяют определить δ и главные размерения. В нашем случае можно назначить l , l_B и b_T и δ непосредственно по подходящему прототипу из базы данных. Такой подход возможен при получении приближенных значений B и T и их последующей корректировке.

Приближенную мощность ЭУ можно вычислить по методическим рекомендациям И.Г. Бубнова [1]. Для этого необходимы, в первую очередь, графики или таблицы для серийных испытанных моделей. Конечная формула такова [7]:

$$N_0(v_1) = N_e(v_1) / \eta_p, \quad (8)$$

где $N_0(v_1)$ – мощность «измененного» прототипа; $N_e(v_1)$ – буксировочная мощ-

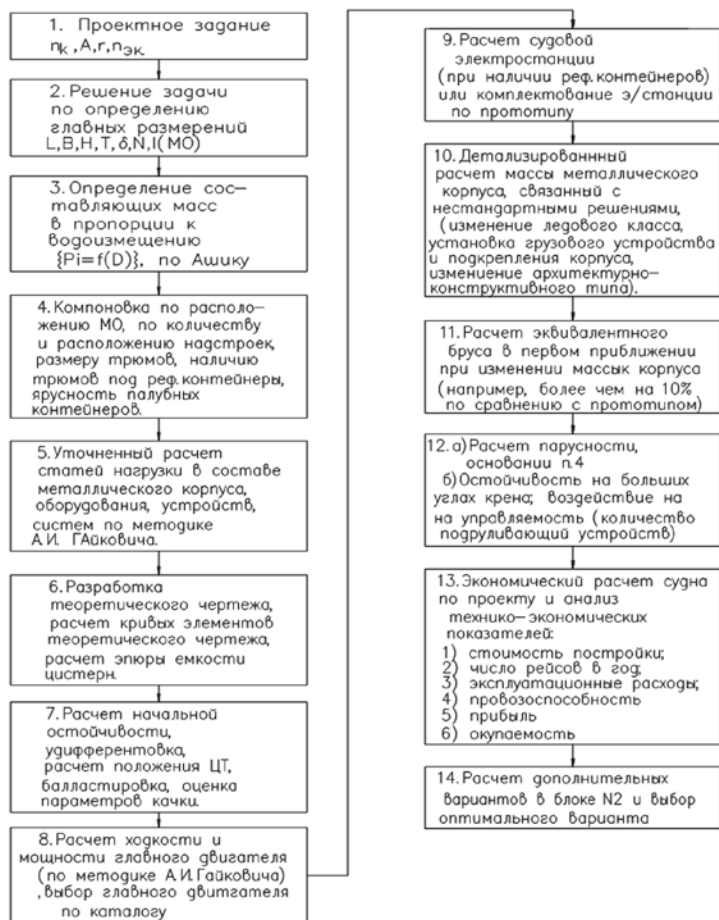


Рис. 5. Структурная схема основных позиций проектного обоснования контейнерного судна

ности судна с элементами «измененного» прототипа; η_p – пропульсивный коэффициент.

Длина машинного отделения l_{MO} обычно определяется в зависимости от мощности главных двигателей, модель предложена в методике [3]:

$$l_{MO}/N = 386 \cdot N^{-0.57}, \text{ м/кВт} \cdot 10^3 \quad (9)$$

Блок №3 – определение составляющих нагрузки – в первом приближении осуществляется с учетом данных В.В. Ашика [1]. Массы определяются в процентном соотношении от водоизмещения в грузу.

По составу нагрузки позднее в блоке №13 будет рассчитана стоимость постройки [7].

Блок №4 – составляем приложения принципиальных вариантов компоновки судна, где основными элементами, подвергающимися вариациям, является расположение машинного отделения (МО), количество надстроек и их расположение, размеры трюмов, высота комингса грузовых люков, наличие трюмов для перевозки рефрижераторных контейнеров, ярусность размещения контейнеров на палубе, наличие или отсутствие крышек грузовых трюмов. При этом используют данные по аналогичным судам.

После того как решение о количестве ярусов на палубе принято, в первом приближении определяем высоту положе-

ния ходового мостика и, соответственно, всей жилой рубки. На основе этих параметров выявляются дополнительные варианты судов по архитектуре, откуда и выбирается путем оптимизации основной вариант [7].

Блок №5 – рассчитываем во втором приближении массу судна при

помощи формул, предложенных А.И. Гайковичем [4].

В табл. 2 принято: $n_{пн}$ – число главных поперечных переборок; x_{MO}^H, x_{MO}^K – абсцисса носовой и кормовой переборок МО; $n_{эк}$ – численность экипажа; $x_{ф}$ – абсцисса форпиковой переборки; x_a – абсцисса ахтерпиковой переборки; $P_{гд}$ – масса главных двигателей; N – мощность главных двигателей, кВт.

Стоит отметить, что некоторые статьи нагрузок включены в качестве составляющих в другие, например, «запасные части», которые распределены по заведованиям, т.е. отнесены к ЭУ, электрооборудованию, устройствам. Помимо расчетных формул для определения составляющих нагрузки в методике приведены формулы для определения ЦТ этих статей.

Для определения полного водоизмещения необходимо дополнительно учесть и рассчитать массу перевозимого груза, топлива, смазочных материалов, пресной воды.

Блок №6 – генерация теоретического чертежа – производится одним из методов проектирования, например, по данным шведского бассейна. База данных теоретических чертежей реально существующих судов позволяет облегчить задачу. Первоначально на основе прототипа могут быть получены с помощью аффинных преобразований плазовые ординаты, затем в одной из программ моделирования, например, типа SeaSolution, будет получена и визуализирована новая реализация математической модели. В сопутствующем приложении модель тут же рассчитывается и проверяется на соответствие параметрам, полученным в предыдущих расчетах. Строятся кривые элементы

Таблица 1
Распределение состава нагрузки относительно полного водоизмещения для контейнеровоза [1]

№ п.п.	Раздел нагрузки	% от D
1	Корпус	30,1
2	Энергетическая установка	4,3
3	Судовые системы	1,1
4	Электрооборудование	1,2
5	Внешняя связь и навигация	0,01
6	Жидкие грузы	0,8
7	Запас водоизмещения	0,6
8	Снабжение и команда	0,5
9	Топливо, питьевая вода, смазочное масло	6,4
10	Коэффициент использования водоизмещения по чистой грузоподъемности η_1	0,55
11	Коэффициент использования водоизмещения по дедевиту η_{DW}	0,62

Таблица 2
Принятые коды статей нагрузки

№ п.п.	Наименование условной статьи	Масса P_r, τ
1	Масса металлического корпуса в составе эквивалентного бруса	$(1,04 \pm 0,01) \cdot 10^{-3} (\delta^{1/3} L^{5/2} T/H)$
2	Главные поперечные переборки	$(4,6 \pm 0,6) n_{пн} \delta B H^{3/2}$
3	Надстройки и газоходы	$(0,12L - 7,6) n_{эк}$
4	Оконечности, местные конструкции, подкрепления и фундаменты	$(2,1 \pm 0,5) \cdot 10^{-2} LBH$
5	Палубы бака и юта, цементировка	$(4,0 \pm 1,2) \cdot 10^{-2} LB$
6	Дельные вещи, неметаллические части корпуса, окраска, прожекторы, изоляция и зашивка	$(5,4 \pm 0,7) \cdot 10^{-1} (LBH)^{2/3}$
7	Воздух в корпусе	$1,1 \cdot 10^{-3} D$
8	Оборудование помещений, шлюпочное и спасательное устройство, бытовые системы	$(6,9 \pm 1,9) n_{эк}$
9	Оборудование контейнерных трюмов	$0,71 n_{к}^{0,92}$
10	Устройство рулевое	$(1,3 \pm 0,4) \cdot 10^{-4} L V_{с}^2$
11	Устройство якорное и швартовное, оставшиеся жидкие грузы	$(1,9 \pm 0,4) \cdot 10^{-2} D$
12	Трюмные и пожарные системы, прочие системы	$(2,0 \pm 0,3) \cdot 10^{-3} LBH$
13	Установка энергетическая	$(1,9 \pm 0,2) P_{гд}$
14	Электроэнергетическая система, связь и управление	$(5,2 \pm 1,5) 10 \cdot LBH$
15	Вооружение штурманское	$N/(1,1L - 53,5) \cdot (25\%)$

теоретического чертежа с помощью дополнительного приложения, например Dialog Static, визуализация удобна как в табличном, так и в графическом виде.

Общими чертами теоретического чертежа контейнеровоза являются: наклонный или бульбовый форштевень, развитая выкружка гребного вала, заостренные носовая и кормовая оконечности (подводная часть), соответственно крутой развал бортов в носу и корме, плоская палуба без седловатости, выраженной баковая надстройка, фальшборт может простирается до середины второго трюма, транцевая корма, палуба юта имеет незначительное сужение к транцу или вовсе без сужения (рис.6) [6]. Использование бульбового носа должно быть обосновано гидродинамическими расчетами. При оценке необходимости применения бульба можно опираться на опыт его использования на танкерах. Исследования пропульсивных качеств корпуса невозможны без испытаний моделей в опытовом бассейне, хотя это весьма дорогостоящие работы.

Блок № 7 – обеспечение минимально допустимой остойчивости – это одна из основных особенностей контейнеровозов. В отличие от других транспортных судов, они имеют большую долю палубного груза (до 40%), а также избыточный надводный борт. Контейнеровозы могут нести как твердый балласт, так и принимать при необходимости дополнительный жидкий балласт в цистерны двойного дна. Доля балласта от грузоподъемности может достигать 25% [3]. Все это влияет на одно из основных мореходных качеств – начальную остойчивость. Одна из возможных причин аварий контейнеровозов – потеря остойчивости.

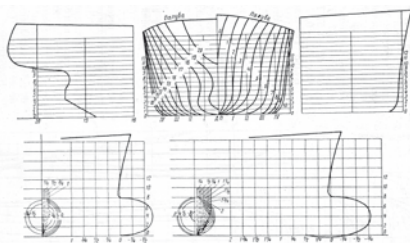


Рис.6. Теоретический чертеж модели грузового лайнера

При определении параметров начальной остойчивости, а именно, минимально допустимой метацентрической высоты, отправными величинами являются: положение ЦТ судна при разных состояниях нагрузок, положение ЦВ и положение метацентра, зависящего от момента инерции действующих ВЛ [1,7].

Положение ЦТ судна порожнем определяется по методике Гайковича (см. в блоке №5); полученную величину рекомендуется сверить с данными прототипа и убедиться, что изменение произошло по конкретным обстоятельствам, отличающимся от прототипа. Положение ЦТ топ-

лива и жидкого балласта определяется с помощью эскиза общего расположения.

Положение ЦТ груза может частично отличаться от величины, найденной из условия гомогенности груза. Возникающая колеблемость связана с тем, что не известно, контейнеры какой массы будут располагаться в определенных местах. В действительности может случайно оказаться, что более тяжелые контейнеры будут располагаться на верхней палубе, а более легкие – в трюмах [3]. Такие вариации необходимо учесть и предусмотреть резерв емкости балластных цистерн.

В реальной практике параметр «контейнеровместимость» в некоторой степени условен, так как представляет собой величину, которая в разных рейсах может меняться. Эта переменная величина является отношением «грузоподъемности» в тоннах к средней массе одного контейнера. Если же все контейнеры по факту оказались «легкими», то их количество тоже будет отличаться от «расчетной» контейнеровместимости. Число контейнеров, которое может быть размещено на судне, ограничено как раз остойчивостью и, отчасти, видимостью с ходового мостика.

Средняя масса контейнера имеет тенденцию к снижению. По данным, приведенным Гайковичем [4] $m_{TEU} = 13,4$ т; $m_{FEU} = 14,4$ т.

По более свежим данным, $m_{TEU} = 11,0$ т.

Максимальный вес брутто $m_{TEU} = 20,3$ т; $m_{FEU} = 30,5$ т.

Центр тяжести контейнера по длине и ширине чаще всего находится в геометрическом центре, а по высоте – чуть ниже (примерно 40% от высоты). В любом случае положение ЦТ контейнера по ширине и длине ограничено, в противном случае контейнер не принимают к перевозке.

Общая формула определения ЦТ груза имеет вид

$$Z_{гр} = \frac{\sum_{i=1}^{nk} P_i (z_i + \Delta z_i)}{(\sum_{i=1}^{nk} P_i)} \quad (10)$$

Для определения наиболее важной величины – метацентрической высоты – предварительно должны быть найдены значения возвышения центра величины и метацентрического радиуса [7].

Данные по начальной остойчивости и дифференту для окончательно рассчитанного варианта можно приводить в форме, предлагаемой в типовой методике Войткунского.

На практике стремятся, чтобы из соображений аварийной остойчивости при оценке непотопляемости метацентрическая высота была не менее 0,5–0,6 м [5]. Слишком большая метацентрическая высота тоже опасна, так как резкая качка может привести к отрыву контейнеров с мест крепления и падению за борт. Поскольку остойчивость при полной загрузке контейнерного судна всегда на пределе, то их качка в принципе благоприятная

и ее оценка делается для общего контроля любым из проверенных методом.

Балластные цистерны на контейнеровозах необходимо разделить на две неравные части:

- цистерны, которые используются для обеспечения остойчивости при неблагоприятной высокоом размещении ЦТ контейнерного груза;
- остальные цистерны, которые используются для удифферентовки в случае отсутствия груза, когда необходимо погрузить гребной винт.

Блок № 8 – расчет ходкости – осуществляется по методике, изложенной в [10] с учетом особенностей, отмеченных в [2]. При этом основное внимание уделяют определению пропульсивных качеств корпуса и расчету мощности двигателя с последующим выбором по каталогам производителей. Выбор же ГД позволяет определить эксплуатационные расходы на топливо и обслуживание а так же здесь уточняется и скорость движения судна.

Диапазон чисел Фруда для контейнеровозов соответствует величинам $Fr = 0,514v/(g \cdot L)^{1/2} = 0,2-0,3$; их относительные длины $l = L/v^{1/3}$ в диапазоне 5,0–7,0.

При обработке данных о судах, постоянно заходящих в порт Петербург, диапазон чисел Фруда сужается, и его можно представить в следующем виде:

$$Fr = 0,251 \pm 0,027. \quad (11)$$

В настоящее время на контейнеровозах скорости редко превышают 24,0 уз, для повышения пропульсивных качеств применяют модели с одним винтом, а в качестве главного двигателя – среднеоборотные или малооборотные дизели.

Блок №9 – расчет судовой электростанции – возможен в двух направлениях, определяемых двумя обобщенными блоками потребителей: – общесудовые потребители (не отличающиеся от обычных сухогрузных судов); рефрижераторные контейнеры (рис. 7).



Рис.7. Рефрижераторный контейнер

Обеспечение контейнерного судна, несущего рефрижераторные контейнеры, электроэнергией может осуществляться за счет раздельного питания, от отдельных дизель-генераторов/генератора для контейнеров или же от одной дизель-генераторной установки. Послед-

няя должна быть значительной мощностью, часть которой может в течение значительного количества рейсов не использоваться, при раздельном же обеспечении возникают дополнительные расходы на обслуживание, и общая стоимость такой судовой электростанции увеличивается. Формула расчета мощности судовой электростанции имеет вид [4]:

$$N_c = (0,129 \pm 0,058)N + 4,5n_{\text{реф}}, \quad (12)$$

где N – мощность ЭУ; $n_{\text{реф}}$ – число рефрижераторных контейнеров.

Формула (12) не позволяет рассчитать мощность отдельной установки для снабжения энергией рефрижераторных контейнеров. По данным производителей рефрижераторных контейнеров («Carrier Transicold» Ltd и «Thermoking Corporation»), потребляемая мощность 20 (TEU) и 40 (FEU) контейнерами – 4,6 кВт/ч и 5,8 кВт/ч соответственно. По этим данным на ранних этапах проектирования можно рассчитать мощность дизель-генераторной установки для обеспечения рефрижераторных контейнеров:

$$N_{\text{дг}} = k \cdot (n_{\text{TEUреф}} \cdot P_{\text{TEU}} + n_{\text{FEUреф}} \cdot P_{\text{FEU}}), \quad (13)$$

где $N_{\text{дг}}$ – мощность дизель-генераторной установки; $k > 1$ – коэффициент предусматривающий потери при передаче энергии, запас на перегрузки и дополнительные контейнеры; $n_{\text{TEUреф}}$ – число 20' реф. контейнеров, P_{TEU} – потребляемая мощность одним 20' реф. контейнером, $n_{\text{FEUреф}}$ – число 40' реф. контейнеров, P_{FEU} – потребляемая мощность одним 40' реф. контейнером.

После того как мощность определена, подбирают подходящую мощность двигателя по каталогам производителей подобных установок, корректируют запасы необходимого топлива и включают в дальнейший расчет массу самой установки.

Блок №10 – определение массы корпуса проектируемого судна. Она может быть изменена в результате изменения ледового класса судна, установки дополнительного оборудования и изменения конструктивных особенностей самого корпуса, например, появления бульбового носа или увеличения комингсов грузовых люков совместно с отказом от крышек. Дополнительное оборудование – это судовые грузовые краны и подкрепления под их опоры – увеличивает массу корпуса. Конструкции корпуса, которые необходимы для установки кранов – фундаменты, опорные тумбы для стрел, рамные балки и бракеты внутри корпуса, дополнительные выгородки. Краны обычно устанавливают в плоскости главных поперечных водонепроницаемых переборок, но возможны и промежуточные варианты.

Изменение ледового класса подразумевает усиление корпуса за счет увеличения толщины наружной обшивки,

установки дополнительного промежуточного набора, увеличение толщины платформ и диафрагм, сплошных и водонепроницаемых флоров. Также можно учесть изменение массы корпуса за счет изменения применяемых марок сталей.

В общем виде изменение массы металлического корпуса при установке грузового оборудования и изменении ледового класса будет записываться в виде выражения

$$P_{\text{л}} = P_{\text{к}} \cdot k_{\text{л}}, \quad (14)$$

$$k_{\text{л}} = 1,02 \dots 1,15, \quad (15)$$

где $P_{\text{к}}$ – масса металлического корпуса до учета изменений корпуса; $P_{\text{л}}$ – масса корпуса с измененным ледовым классом; $k_{\text{л}}$ – коэффициент, зависящий от ледового класса;

$$P_{\text{у}} = P_{\text{к}} \cdot k_{\text{у}}, \quad (16)$$

$$k_{\text{у}} = n \cdot k_{\text{ГК}}, \quad (17)$$

$$k_{\text{ГК}} = 1,01 \dots 1,03, \quad (18)$$

где $P_{\text{к}}$ – масса металлического корпуса до учета изменений корпуса; $P_{\text{у}}$ – масса корпуса с учетом установленных дополнительных стальных конструкций для подкрепления корпуса при установке грузовых устройств; $k_{\text{у}}$ – суммарный коэффициент, учитывающий усиления стального корпуса от установки грузового оборудования; $k_{\text{ГК}}$ – коэффициент учитывающий установку подкреплений корпуса, приходящиеся на одну единицу оборудования (грузового крана); n – число грузовых кранов.

Блок №11 – расчет общей продольной прочности проектируемого судна – необходимость в нем возникает при изменении массы судна относительно прототипа более чем на 10%, если же такого не происходит, то принимаем условие общей продольной прочности выполненным. Общую продольную прочность рассчитываем по методу строительной механике корабля, а именно – по методике расчета эквивалентного бруса. Выполнение условий прочности проверяем по нормам изложенным в Правилах Регистра [РМРС]. Основное условие общей продольной прочности:

$$W_{\text{сеч}} \geq [W]; \quad (19)$$

$$[W] = M_{\text{т}} / \sigma \cdot 10^3, \quad (20)$$

где $W_{\text{сеч}}$ – момент сопротивления рассматриваемого сечения, см³; $[W]$ – минимально допустимый момент сопротивления для выбранного сечения, см³; $M_{\text{т}}$ – расчетный изгибающий момент, кН·м; $\sigma = 175/\eta$, МПа – предел текучести материала.

Максимальные напряжения могут возникать не на миделе, а несколько со смещением. Также на общую продольную прочность влияет кручение корпуса на курсах 60–70° к волне, так как корпус практически лишен палубы. Двойные борта и усиленный набор палубы обеспечивают требования, предъявляемые к общей продольной прочности и сопротивлению при кручении.

Блок №12 – расчет парусности, остойчивости на больших углах крена, определение воздействия на управляемость. Избыточный надводный борт, высокая жилая надстройка и палубный груз создают боковую парусность, которая значительно влияет на мореходные качества контейнеровозных судов. В первом приближении площадь парусности рассчитывается [3] как

$$S_{\text{пар}} = L(H-T)k_s + l_{\text{н}}h_{\text{н}} + [L - (l_{\text{ф}} + l_{\text{а}})] \cdot 2,44 \cdot n_{\text{квп}}, \quad (21)$$

где k_s – коэффициент, учитывающий площадь парусности бака и юта на диаметральной плоскости; $l_{\text{н}}$ и $h_{\text{н}}$ – длина и высота надстройки, $l_{\text{ф}}$, $l_{\text{а}}$ – длина форпика и ахтерпика; $n_{\text{квп}}$ – количество ярусов палубных контейнеров. Аппликата центра парусности

$$z_{\text{гпар}} = (0,5k_s L F^2 + l_{\text{н}} h_{\text{н}} (0,5h_{\text{н}} + F) + L - (l_{\text{н}} + l_{\text{ф}} + l_{\text{а}})) / S_{\text{пар}} \cdot 2,44 n_{\text{квп}} + (1,22 n_{\text{квп}} + F) / S_{\text{пар}}, \quad (22)$$

где $F = H - T$.

Для контейнеровозов, лишенных крышек грузовых трюмов, но снабженных высоким комингсом формула расчета площади парусности имеет вид

$$S_{\text{пар}} = L(H-T)k_s + l_{\text{н}}h_{\text{н}}k_{\text{геом}} + l_{\text{к1тр}}h_{\text{к1}}k_{\text{откл1}} + l_{\text{к2тр}}h_{\text{к2}}k_{\text{откл2}} + n_{\text{квп}}f_{\text{TEU}}. \quad (23)$$

Для контейнеровозов с крышками грузовых трюмов

$$S_{\text{пар}} = L(H-T)k_s + l_{\text{н}}h_{\text{н}}k_{\text{геом}} + l_{\text{к1тр}}h_{\text{к1}}k_{\text{откл}} + n_{\text{квп}}f_{\text{TEU}}, \quad (24)$$

где $k_{\text{геом}}$ – коэффициент учитывающий геометрические особенности надстройки с оборудованием; $l_{\text{к1тр}}$ – длина первого яруса комингса грузовых трюмов; $h_{\text{к1}}$ – высота первого яруса комингса грузовых люков; $h_{\text{к1}}k_{\text{откл1}}$ – коэффициент учитывающий отклонение от прямоугольной формы комингса первого яруса; $l_{\text{к2тр}}$ – длина второго яруса комингса грузовых трюмов; $h_{\text{к2}}$ – высота второго яруса комингса грузовых люков; $k_{\text{откл2}}$ – коэффициент учитывающий отклонение от прямоугольной формы комингса второго яруса; $f_{\text{TEU}} = 14,4 \text{ м}^2$ – площадь боковой поверхности 20-футового контейнера.

Кренящий волновой момент:

$$M_{\text{в}} = F_{\text{пар}} \cdot l_{\text{пар}} \cdot p_{\text{верг}}, \quad (25)$$

где $M_{\text{в}}$ – момент ветровой; $p_{\text{верг}} = 504 \text{ Па}$ – расчетное давление для неограниченного района плавания [Регистр]; $l_{\text{пар}}$ – плечо парусности.

$$l_{\text{пар}} = T - z_{\text{гидр}} + z_{\text{гпар}}, \quad (26)$$

где $z_{\text{гидр}}$ – центр гидростатического сопротивления погруженной части корпуса.

Остойчивость. В реальной практике наибольший интерес с точки зрения безопасности представляет собой остойчивость судна при углах крена, на которых изменяется момент инерции равнообъемных ватерлиний. При больших углах крена траектория ЦВ не лежит в поперечной плоскости, она смещается в продольном направлении. Возникает кренящий момент, называемый деривационным. Центр величины перемещается в плоскости наклонения по некоторой кривой [6].

На остойчивость контейнеровоза влияет степень загруженности, т.е. высота надводного борта, количество палубного груза, высота надстроек и грузовых устройств. Основные внешние силы вызывающие большие углы крена (угол более 10–12°) – это ветер и волны. Для контейнеровозов достаточно типичны аварии, связанные именно с полной или частичной потерей остойчивости.

Основные показатели остойчивости – амплитуда наклона (в первую очередь поперечного), период качки (при недостаточной остойчивости качка как правило плавная), критический угол наклона (при котором судно теряет остойчивость) и угол вхождения палубы в воду (при вхождении палубы в воду происходит затекание воды на палубу что резко понижает остойчивость, так как на палубе появляется дополнительная масса со свободной поверхностью).

При больших углах крена (свыше 30°) возникает опасность потери контейнеров, крепления которых не рассчитаны на большие углы наклона, таким образом при потере части контейнеров, судно восстанавливается, но возникает риск получить постоянный крен на противоположный борт, вследствие неравно мерного распределения груза на верхней палубе.

Период бортовой качки для контейнеровозов не должен быть меньше 14–13 с, а амплитуда – не более 30° [3]. В источнике [6] указаны другие данные о периоде качки контейнеровозов водоизмещением 20–30 тыс.т, которая составляет 16–19 с для бортовой и 7–9 – для килевой качки.

Основные требования при оценке остойчивости будут такими:

1) судно не должно опрокидываться, должно противостоять одновременному действию динамического воздействия ветра и ботовой качки;

2) значения параметров диаграммы статической остойчивости судна на тихой воде и исправленной начальной метacentрической высоты должны быть не ниже требуемых;

3) должно быть учтено влияние на остойчивость возможного оледенения (для условий эксплуатации в условиях российского Севера);

4) остойчивость судна должна соответствовать требованиям к остойчивости с учетом конструктивных особенностей контейнеровозных судов.

Управляемость. Высокий борт и большое количество палубных контейнеров серьезно снижают мореходные качества специализированных контейнеровозов, в том числе и серьезно отразилось на управляемости. На контейнеровозах в большинстве случаев устанавливают носовые подруливающие устройства (ПУ) туннельного типа. В общем случае их мощность зависит от водоизмещения, парусности, длины,

площади проекции погруженной части корпуса на диаметрную плоскость:

$$N_{ny} = f(D, F_{бок}, F_{погр}, L), \quad (27)$$

где $F_{бок}$ – боковая площадь парусности, $F_{погр}$ – площадь проекции погруженной части корпуса на ДП.

Основное назначение ПУ – маневрирование в узостях и проведение швартовных, якорных операций. Работа носового ПУ эффективна только на малых скоростях – 1–2 уз, поэтому в море его не используют для корректировки курса. ПУ – весьма дорогостоящее устройство, поэтому более одного его не устанавливают и используют лишь тогда, когда это необходимо. Швартовка в портах и проход узкостей, тем не менее, все равно сопровождается буксирами, потому как нет снятия с мелей и порча груза гораздо дороже, чем буксировочные работы.

В последние годы в мировом судостроении появилась тенденция устанавливать на суда альтернативные комплексы, совмещающие в себе гребное устройство и рулевой Azipod. Устанавливаются такие комплексы на судах требующих повышенной маневренности, и суда, эксплуатирующиеся в ледовых условиях. Системы весьма дороги и надежность до конца не изучена. Мощность носового ПУ можно выбирать по упрощенной схеме в зависимости от боковой площади парусности: 3–6 кг на 1 м² или от площади боковой проекции погруженной части корпуса – 4–7 кг на 1 м², в зависимости от того, что больше [5].

Блок №13 – экономический расчет доходности проекта и срока окупаемости ведется по методу А.И. Балкашина. Стоимость постройки определяется по формуле

$$\Pi = K_c \times [f_1 P_k + f_2 (P_y + P_c) + f_3 P_{ay} + f_4 (P_{эл} + P_{шл})]. \quad (28)$$

Здесь K_c – коэффициент учета серийности; $P_k, P_y, P_c, P_{ay}, P_{эл}, P_{шл}$ – статьи нагрузки из блока №5; $f_1 - f_4$ – ценовые показатели по соответствующим статьям нагрузки.

Эксплуатационные расходы

$$\Theta = a_1 \Pi + a_2 P_t n_p + a_3 n_{ок}, \quad (29)$$

где P_t – масса топлива на рейс; n_p – число рейсов; a_1 – коэффициент отчисления на амортизацию и ремонт; a_2 – стоимость одной тонны топлива; a_3 – среднесудовая зарплата с учетом накладных расходов на одного члена экипажа.

$$\text{Доход } D = a_4 P_{тр} n_{тр}. \quad (30)$$

Здесь a_4 – тариф на перевозку одной тонны груза.

$$\text{Прибыль } \Pi = D - \Theta. \quad (31)$$

$$\text{Срок окупаемости } t_{ок} = \Pi / \Theta. \quad (32)$$

Соответственно эффективность проекта можно оценить по сроку окупаемости и абсолютной величине прибыли за год [5, 10].

Блок №14 – сравнение ожидаемых экономических показателей проектов, т.е. оптимизация проектных решений. Реше-

ние задачи проектирования неоднозначно и предполагает появление различных вариантов, в первую очередь соотношений главных размерений. Колеблемость размерений будет находится в рамках, определяемых характеристиками судов, находящихся в эксплуатации в заданном или сходном районе плавания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При проектном анализе контейнерных судов основным вопросом является формулирование рекомендаций по оптимизации проектных характеристик. В изложенной схеме последовательность позиций проектного анализа принята по опыту оптимизационных обоснований, выполнявшихся применительно к задачам использования контейнеровозов средней вместимости. При переходе к более крупным контейнеровозам могут возникнуть дополнительные вопросы, связанные с обеспечением мореходности в условиях океанского плавания, с ограничениями при проходе Суэцким и Панамским каналами, с разработкой конструктивных решений по креплению палубных контейнеров.

Для малых контейнеровозов важен анализ необходимости в собственном грузовом устройстве, ограничение применения дизелей, удовлетворяющих габаритным условиям размещения в корпусе. Актуальным вопросом является также сопоставление контейнеровозов с конкурентоспособными типами судов – накатными судами и парами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ашик В.В. Проектирование судов. – Л.: Судостроение, 1985.
2. Бородавин Д.И. Проектные особенности судов с ускоренной грузообработкой // Моринтех юниор. – 2009. – С.171–173.
3. Букиев А.В. Предварительный выбор длины машинного отделения транспортного судна. – СПб.: Изд. НТО судостроителей им. акад. А.Н.Крылова, 2008.
4. Гайкович А.И. Проектирование контейнерных судов. – Л.: Изд. ЛКИ, 1985.
5. Лозачев С.И., Чугунов В.В., Горин Е.А. Мировое судостроение: современное состояние и перспективы развития. – СПб.: Мор Вест, 2009.
6. Мирошниченко И.П., Лимонов Э.Л. Быстроходные грузовые лайнеры. – Л.: Судостроение, 1969.
7. Пашин В.М., Гайкович А.И. Определение основных элементов судна в начальной стадии проектирования. – Л.: Изд. ЛКИ, 1984.
8. Родионов Н.Н. Современные танкеры. – Л.: Судостроение, 1980.
9. Сизов В.Г. Теория корабля. – Одесская нац. морская академия, 2004.
10. Царев А.Б. Экономические и юридические вопросы в моделях оптимизации транспортных систем. – СПб.: Изд. НТО судостроителей им. акад. А.Н. Крылова, 2008. ■

Рецензент:

Б.А. Царев, д-р техн. наук, проф.

С 24 по 27 мая 2011 г. в г. Осло (Норвегия) прошла 23-я международная судостроительная выставка «Nor-Shipping'2011». В ней приняли участие представители 54 стран. Специалисты могли познакомиться с последними разработками судостроительной отрасли в 22 национальных павильонах и по 5 тематическим разделам. «Это был лучший «Nor-Shipping» за все годы проведения ...», – сказал директор выставки Tollef Schiander. Он также отметил, что мероприятие в этом году посетило рекордное число специалистов – более 16 тыс., кроме того, за последние годы произошла заметная трансформация выставки, ранее имевшей сугубо технологическую направленность, в весьма представительное место встречи специалистов отрасли для широкого обмена мнениями по вопросам будущего развития морской индустрии.

Впервые на заседании конференции, открывающем «Nor-Shipping», министр торговли и промышленности Норвегии Trond Giske и исполнительный директор «Det Norske Veritas» Henrik Madsen вручили награды «Чистое судно» (Clean Ship) и «Судно следующего поколения» (Next Generation Ship).

Наградой «Чистое судно» удостоиваются судовладелец и судно, которое характеризуется наибольшим снижением выбросов вредных веществ в окружающую среду в ходе эксплуатации. Такая награда была вручена бразильской компании «Vale S.A.» за рудовоз «Vale Brasil», (рис. 1) и имеющий дедвейт 400 тыс. т, скорость 14,8 уз при длине 362 м, ширине 65 м и осадке 23 м. Судно было построено на южнокорейской верфи «Daewoo Shipyard» и обеспечивает снижение выброса вредных веществ в расчете на тонну перевозимого груза на 35% от стандартных значений.

Награда «Судно следующего поколения» была вручена фирме «Rolls-Royce Marine AS» за концепцию Environship Concept, или «Экологический корабль» (рис.2). По словам президента компании «Rolls-Royce Marine AS» John Patterson, соединение этой концепции с лучшим в своем классе двигателем серии «Bergen C», работающим на сжиженном природном газе, и интегрированной системой «руль-винт» типа Promas позволит снизить выброс углекислого газа в атмосферу на 40% при увеличении общей эффективности движительного комплекса.

Несколько судов, построенных на норвежских верфях в 2011 г., представляли значительный интерес для специалистов, однако ни одно из них не

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В МИРОВОМ СУДОСТРОЕНИИ ПО МАТЕРИАЛАМ «NOR-SHIPPIG'2011»

Е.А. Горин, д-р эконом. наук, советник вице-губернатора Санкт-Петербурга, **К.С. Чернов**, официальный представитель Hamburg Messe und Congress GmbH в РФ, контакт. тел. (812) 576 4628

соответствовало полностью критериям для звания «Судно года». Поэтому традиционная церемония вручения этого приза, проводимая уже длительное время по инициативе ведущего норвежского морского издания «Skipsrevyen, на прошедшей выставке не состоялась (табл. 1). Вместе

с тем до конца текущего года остается возможность для появления такого номинанта.

В табл. 1 приведены сведения о победителях этого престижного конкурса за последние годы, а на рис. 3 представлено лучшее судно 2010 г. – «Skandi Aker».



Рис.1. Рудовоз «Vale Brasil», построенный на южнокорейской верфи «Daewoo Shipyard» и признанный лучшим в категории Clean Ship



Рис.2. Концепция перспективного экологичного судна (Environship Concept) фирмы «Rolls-Royce Marine AS», удостоенная награды Next Generation Ship



Рис.3. Судно для монтажа и ремонта морских платформ «Skandi Aker» – лучшее норвежское судно 2010 г.

Лучшие норвежские суда за последние 10 лет

Таблица 1

Год	Тип судна	Название судна	Верфь-строитель
2000	Паром с двигательной установкой на сжиженном газе	«Glutra»	«Langsten AS»
2001	Круизный лайнер	«The World»	«Fosen Mekaniske Verksteder AS»
2002	Корвет	«Svalbard»	«Langsten AS»
2003	Исследовательское рыбопромысловое судно	«G.O. Sars»	«Flekkefjord Slipp & Maskinfabrikk AS»
2004	Судно обеспечения буровых платформ	«Viking Avant»	«Aker Yard AS, Langsten»
2005	Лучшее судно 2005 года не было выбрано		
2006	Судно-буксировщик с системой якорной стабилизации для обслуживания оффшорных терминалов	«Bourbon Orca»	«Ulstein Verft AS»
2007	Судно для монтажа и ремонта морских платформ	«Normand Seven»	«Ulstein Verft AS»
2008	Судно для обслуживания морских платформ	«Island Wellserver»	«Aker Yard ASA, Langsten»
2009	Многофункциональное судно для обслуживания морских платформ и прокладки кабелей	«Far Samson»	«STX Norway Offshore AS, Langsten»
2010	Судно для монтажа и ремонта морских платформ	«Skandi Aker»	«STX Norway Offshore AS, Søviknes»

теризуется экономным расходом топлива и пониженным воздействием на окружающую среду.

Можно отметить, что норвежское судостроение с начала 2010 г. перешло от застойной стадии к оптимистичной фазе во второй половине 2010 г., когда число строящихся объектов существенно выросло: к 40 намеченным к сдаче в течение года судам добавилось более 30 новых заказов. Были заложены два круизных парома, транспорт для перевозки живой рыбы, суда для сейсмозащитки, траулеры и оффшорные суда, в том числе использующие новые газовые двигательные установки. Такая положительная динамика объясняется, в том числе, льготными условиями долгосрочного финансирования экспортных заказов в объеме до 80% контрактной цены с фиксированной процентной ставкой в размере 2,85. В результате за 2010 г. на норвежских верфях было сдано 104 новых судна различных типов, что, правда, на 9 единиц меньше, чем в 2009 г. (в 2008 г. – 133). Предпочтение отдается судам для обслуживания морских нефтедобывающих платформ (41 ед. в 2010 г.), почти 95% из которых имеют дизель-электрическую двигательную установку.

В традиционном для Норвегии секторе рыболовных траулеров в 2010 г.

Судно для монтажа и ремонта морских платформ «Skandi Aker» было построено на норвежской верфи компании «STX» в городе Søviknes и сдано компании «DOFCON AS» в январе 2010 г. Его спроектировало бюро «STX Norway Offshore Design AS», а корпус был изготовлен на дочернем предприятии «STX Europe» в Румынии. Размерения этого судна аналогичны уже эксплуатируемому «Skandi Arctic» и «Skandi Asergy», но оно приспособлено для более сложных климатических условий и технологических нагрузок и может выполнять операции, которые ранее осуществлялись исключительно с буровых установок. Так, вместо дорогостоящей большой нефтяной вышки можно использовать судно типа «Skandi Aker», что является его уникальной особенностью. Более того, за счет дополнительных мер по компенсации подводных течений ему доступны глубины до 3000 м, в то время как существовавшие до этого суда использовались на глубинах до 800 м. Его размеры: общая длина – 156,9 м, ширина – 27,0 м, дедвейт – 13 тыс. т, на борту может разместиться до 140 человек. С грузовой палубы площадью 1800 м² стрела большего из двух имеющихся кранов поднимает до 450 т груза на высоту до 60 м над уровнем моря, а система компенсации качки позволяет ему работать с объектами весом до 225 т на глубинах моря до 3000 м и 400 т – до 600 м. Наиболее впечатляющая техническая функция этого судна – использование в качестве облегченной буровой платформы с позиционированием по классу III и выполнением требований правил NMD для нестационарных оффшорных комплексов. На сегодняш-

ний день «Skandi Aker» – крупнейшее оффшорное многопрофильное монокорпусное судно с большим палубным пространством, стабилизированным крупнотоннажным краном для подводных работ и высокой транзитной скоростью. Широкие возможности судна позволяют называть его «судном подводного сервиса», при этом оно харак-

Таблица 2

Портфель заказов основных судостроительных стран (по состоянию на апрель 2011 г.)

Страна	Количество судов, ед.	Суммарный тоннаж, млн. комп. рег. т	Суммарный дедвейт, млн. т	Общая стоимость заказов, млрд. долл.
Всего	7038	136	448	403
Всего в европейских странах, в том числе:	647			
Германия	41	1,5	0,4	8,4
Дания	3	-	-	0,2
Испания	46	0,3	0,2	2,5
Италия	24	1,2	0,1	6,4
Нидерланды	153	0,7	0,7	2,2
Норвегия	59	0,5	0,2	4,3
Польша	19	0,3	0,1	0,6
Россия	64	0,5	1,5	
Румыния	35	0,8		
Турция	105	0,9	0,9	1,9
Украина	4			
Финляндия	6			0,9
Франция	4			1,6
Хорватия	29	0,5	0,8	1,0
Всего в странах Юго-Восточной Азии, в том числе:	6147			
Вьетнам	142	1,7	4	
Индия	189	1,8	4,5	
Китай	3001	52	187,3	123
Филиппины	107	3	4,2	
Южная Корея	1474	43,5	147	147
Япония	1005	20	74	54
Другие страны, в том числе:	244			
Бразилия	105	2,2	5,7	13,3
США	60	1,0	0,4	2,0

Структура и динамика изменения мирового торгового флота

Тип судна	Действующий флот		Построены		Заключены контракты		Портфель заказов		Утилизированы	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Танкеры, дедвейтом 10 тыс. т и менее	2237/ 12,1	2299/ 12,5	159/ 1,0	115/ 0,8	53/ 0,4	63/ 0,3	420/ 2,7	348/ 2,1	31/ 0,2	51/ 0,3
Танкеры, дедвейтом 10-200 тыс. т	4729/ 272,8	4927/ 286,7	525/ 31,6	399/ 24,3	111/ 9,1	179/ 19,0	1252/ 76,2	922/ 64,9	128/ 6,1	189/ 9,1
Танкеры, дедвейтом 200 тыс. т и больше	533/ 160	543/ 164,4	54/ 16,7	55/ 16,9	19/ 6,1	50/ 15,9	205/ 63,8	190/ 59,6	9/ 2,4	13/ 3,5
Балкеры, дедвейтом 10-100 тыс. т	6310/ 288,3	6979/ 326,8	438/ 22,1	769/ 41,3	284/ 15,7	910/ 55,2	2648/ 146,1	2625/ 151,0	265/ 9,2	105/ 3,3
Балкеры, дедвейтом 100 тыс. т и больше	955/ 170,0	1164/ 209,3	111/ 21,0	213/ 38,4	77/ 17,3	126/ 23,5	814/ 155,0	654/ 127,2	8/ 1,4	18/ 2,6
Суда для генеральных грузов	1192/ 11,2	1228/ 11,4	43/ 0,4	77/ 0,6	35/ 0,4	18/ 0,1	257/ 1,9	184/ 1,3	71/ 1,0	43/ 0,5
Газовозы LPG вместимостью до 60 тыс. куб. м	1018/ 7,6	1048/ 8,0	50/ 0,8	44/ 0,4	19/ 0,1	42/ 0,4	128/ 1,7	113/ 1,0	15/ 0,6	23/ 0,3
Газовозы LPG вместимостью 60 тыс. куб. м и больше	139/ 11,1	142/ 11,4	12/ 1,0	9/ 0,7	0/ 0	4/ 0,3	15/ 1,2	10/ 0,8	4/ 0,3	6/ 0,5
Газовозы LNG	336/ 47,5	361/ 51,8	40/ 7,2	27/ 4,4	0/ 0	5/ 0,8	44/ 6,6	22/ 2,9	0/ 0	2/ 0,1
Суда типа Ro-Ro	1060/ 9,8	1020/ 9,3	21/ 0,2	29/ 0,3	6/ 0,1	3/ 0,04	104/ 1,3	65/ 0,9	46/ 0,4	66/ 0,8
Автомобилевозы	650/ 2,9	678/ 3,1	64/ 0,3	60/ 0,3	12/ 0,1	11/ 0,1	180/ 0,9	118/ 0,7	94/ 0,4	31/ 0,1
Рефрижераторы	1149/ 10,3	1109/ 9,6	5/ 0,1	4/ 0,1	0/ 0	0/ 0	12/ 0,3	7/ 0,2	40/ 0,6	43/ 0,5
Контейнеровозы вместимостью до 8 тыс. TEU	4543/ 10,7	4656/ 11,2	242/ 0,8	201/ 0,7	12/ 0,01	64/ 0,1	596/ 2,8	381/ 1,6	201/ 0,3	83/ 0,1
Универсальные суда вместимостью более 100 TEU	2958/ 1,2	3014/ 1,2	155/ 0,05	55/ 0,01	29/ 0,005	83/ 0,02	598/ 0,5	510/ 0,4	119/ 0,02	22/ 0,005
Контейнеровозы вместимостью 8 тыс. TEU и более	249/ 2,3	312/ 2,9	34/ 0,3	63/ 0,7	5/ 0,01	54/ 0,5	253/ 2,9	235/ 2,6	0/ 0	0/ 0
Крузиные суда	348/ 392	358/ 421	9/ 23,4	13/ 13,1	1/ 3,6	7/ 24,7	30/ 60,6	24/ 55,2	6/ 3,2	3/ 1,8
Пассажирские паромы	1365/ 13,9	1362/ 13,9	27/ 0,5	24/ 0,4	20/ 0,2	32/ 0,5	66/ 1,1	72/ 1,1	12/ 0,2	24/ 0,4
Оффшорные суда	4359/ 10,1	4547/ 10,9	260/ 0,8	205/ 0,9	107/ 0,5	158/ 1,1	437/ 3,2	385/ 2,9	20/ 0,03	30/ 0,1
Буксирные и специальные суда	2507/ 3,4	2733/ 3,9	308/ 0,6	241/ 0,5	127/ 0,5	65/ 0,3	507/ 2,7	330/ 0,3	8/ 0,01	15/ 0,1

Примечание. В таблице приведены данные на конец указанного периода. Числитель – количество судов соответствующего типа; знаменатель – суммарный дедвейт, млн. т дедвейта для танкеров, балкеров, судов для перевозки генеральных грузов и типа Ro-Ro; млн. м³ газа – для газовозов; млн. м³ объема холодильников – для рефрижераторов; млн. TEU – для контейнеровозов; млн. автомобилей – для автомобилевозов; тыс. пассажирских мест – для крузиных судов; млн. рег. т – для паромов, буксирных, оффшорных и специальных судов.

было сдано только 4 судна. Для сравнения: в 2000 г. таких судов было построено более 40 ед., однако в 2005 г. – 2 судна, в 2006 г. – 0. Одновременно рост отмечен в секторе вспомогательного флота – 27 новых судов сдано в 2010 г. (в 2009 г. – 22). А вот грузовой флот норвежские верфи фактически не строят, поскольку не находят в этой области инновационных составляющих и не выдерживают ценовой конкуренции с азиатскими судостроителями. В 2010 г. был сдан один танкер, больше заказов нет, хотя норвежские судовладельцы приобрели за рубежом более 35 судов, среди которых есть автомобилевозы и газовозы, танкеры и сухогрузы, паромы и траулеры, катера береговой охраны и оффшорные суда.

Судостроительная промышленность Норвегии остается важной сферой обеспечения трудовой занятости, в последние годы не более 14% новых судов предназначались на экспорт. Кстати, среди них можно отметить четыре паромы: два – для Швеции, два – для Эстонии.

Важно отметить, что если в последние годы норвежские судостроители все в большей степени оставляли за собой проектирование новых судов с передачей самого строительства за рубеж, то 2010 г. характеризовался еще и вложением средств норвежских судовладельцев в развивающиеся рынки, в частности в верфи Бразилии.

Здесь уместно заметить, что Бразилия стала седьмой страной по объему

потребления нефти среди быстро растущих рынков, демонстрируя рост в среднем на 2,1% в год. Сохранение такого темпа требует значительных инвестиций, особенно в разведке и добыче углеводородного сырья. Генеральный директор «Petrobras» José Sergio Gabrielli de Azevedo отметил, что компания становится в настоящее время крупнейшей по добыче нефти из новых месторождений. При освоении запланированных инвестиций для разведки и добычи в размере 127,5 млрд. долл. США компания увеличит объем производства от 2,7 млн. баррелей нефтяного эквивалента до 4 млн. – в 2015 г. и 6,4 млн. – в 2020 г.

Что касается рынка мирового судостроения в целом, то напомним о ста-

бильном снижении общего объема заказа судов в последние два года. На 1 мая 2011 г. эта величина составила немногим более 7 тыс. единиц общим дедевейтом 450 млн. т, из них 190 млн. т дедевейта – с плановой сдачей заказчику в 2011 г. и 170 млн. т – в 2012 г. Можно отметить, что число судов, предлагаемых к сдаче в 2012 г., превысило этот показатель для 2011 г. Такой рост обеспечивается в основном за счет контейнеровозов вместимостью более 3 тыс. TEU, для которых рост 2012/2011 достигает 19,4%. В 2011 г. суммарный дедевейт сдаваемых судов этого класса составит 72,8 млн. т.

Хотя для большинства типов судов сохраняется снижение объема заказываемого флота, возрос спрос на небольшие танкеры (дедевейтом 10–30 тыс. т) в конце 2010 г. на 5%, а в первом квартале 2011 г. – на 4,8%. Общую картину текущего состояния портфеля заказов по странам и типам судов дает табл. 2, а в табл. 3 показана структура и динамика изменения численности и тоннажа мирового торгового флота, где учитывались грузовые морские суда водоизмещением более 1 тыс. т.

Большинство экспертов утверждают, что воздействие мирового финансового кризиса 2008–2009 гг. на судостроение и судоходство уже фактически закончилось, известный греческий судовладелец John Angelicoussis такого оптимизма не разделяет и в интервью «Det Norske Veritas» указал на сохранение негативных тенденций.

Несмотря на ограниченное участие в «Nor-Shipping'2011» верфей Юго-Восточной Азии по сравнению с прошедшей в сентябре 2010 г. в Гамбурге выставкой «SMM–2010», представленная на стендах и в дискуссиях информация вновь продемонстрировала возрастающую роль этого региона в мировом судостроительном процессе. Заказы на контейнеровозы и другие большегрузные суда продолжают «уходить» из Европы, Японии и Южной Кореи, в основном в Китай и расположенных в Азиатско-тихоокеанском регионе странах с низкой стоимостью работ.

На мировом рынке строительства гражданских судов лидируют южнокорейские верфи: «Samsung Heavy Industries» (объем заказов – 199 су-

дов тоннажем 8,5 млн. комп. рег. т), «Daewoo Shipbuilding» (176 судов, 7,5 млн. комп. рег. т), «Hyundai Heavy Industries» (194 судна, 7,2 млн. комп. рег. т), «STX Shipbuilding» (153 судна, 4,3 млн. комп. рег. т), «Hyundai Mipo» (195 судов, 3,6 млн. комп. рег. т) и «Hyundai Sampo» (96 судов, 3,4 млн. комп. рег. т), а также китайские: «Ji-



Рис.4. Проект самого большого в мире лифтового судна категории «type 0», строящегося на южнокорейской верфи «Hyundai Heavy Industries» по заказу компании «Dockwise»

angsu Rongsheng» (82 судна, 2,6 млн. комп. рег. т), «Dalian Shipbuilding» (80 судов, 2,5 млн. комп. рег. т) и японские: «Oshima Shipbuilding» (118 судов, 2,1 млн. комп. рег. т).

Заказчиков новых судов из США и Бразилии интересуют высокотехнологичные и сложные суда, в том числе для разведки и добычи углеводородного сырья на шельфе. В классе танкеров и балкеров выделяются заказы судовладельцев Греции и Китая, серию контейнеровозов на 13 тыс. TEU заказал Гонконг. По стоимости заказанных судов доля Греции среди европейских стран составила 28,5%, Германии – 26,0%, Норвегии – 23,0%.

Среди экзотических стоит отметить заказ компании «Dockwise» южнокорейской верфи «Hyundai Heavy Industries» по строительству крупнейшего в мире лифтового судна категории «type 0». Если «type 1» уже характеризуется исключительно большими габаритами и грузоподъемностью от 41 до 73 тыс. т, то новое судно будет иметь размер грузовой палубы 275x70 м и грузоподъемность 111 тыс. т. Такие размеры подразумевают и необычную корпус-

ную конструкцию (рис. 4), которая по утверждению исполнительного директора «Dockwise» Andre Goedee, максимально учитывает пожелания будущих пользователей, а репутация верфи «Hyundai Heavy Industries» определяет уверенность в качественном завершении строительства в конце 2012 г.

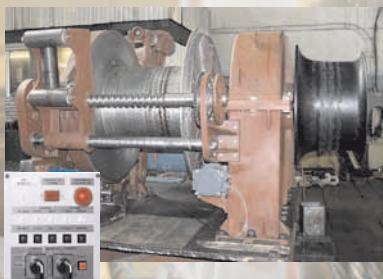
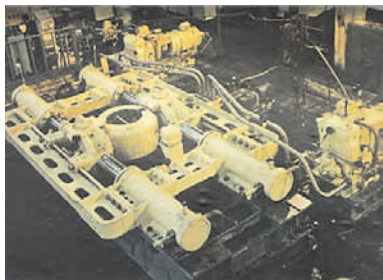
В заключение, как положительное отличие мероприятий «Nor-Shipping» в этом году надо отметить, что появление впервые в рамках выставки в самом центре Осло на площади перед городской ратушей кампуса, который был разбит здесь с тем, чтобы молодежь Норвегии могла ознакомиться с передовыми достижениями мирового и норвежского судостроения, рассказать о перспективах, которые открывает для них карьера в морской отрасли.

К сожалению, отечественные предприятия на этой выставке практически не были показаны, нашу страну представляли постоянный участник выставок с 1995 г. – Российский Морской Регистр судоходства и новая на рынке судостроения компания ОАО «Русская финансовая корпорация».

Атмосфера выставки заражала своим оптимизмом, а удовлетворенность экспонентов результатами подтверждает тот факт, что к завершению ее работы было продано уже 50% выставочной площади на «Nor-Shipping'2013», которая пройдет с 4 по 7 июня 2013 г. ■

Россия, 192029
Санкт-Петербург, ул.Дудко, д.3
Телетайп: 122214 NASOS RU
Тел. (812) 640-11-69
Факс (812) 640-11-72
info@proletarsky.ru
www.proletarsky.ru

Россия, 192029
Санкт-Петербург, ул. Дудко, 3
Тел. (812) 640-1051
Факс (812) 640-1052
sudmash@ sudmash.ru
www.sudmash.ru



ОАО «Пролетарский завод» и ЗАО «ЦНИИ судового машиностроения» в настоящее время представляют собой современный научно-производственный комплекс судового машиностроения, ведущий разработку и поставку широкой номенклатуры конкурентоспособного судового оборудования для строительства отечественного флота.

ЦНИИ судового машиностроения было образовано в 1970 г. для обеспечения научно-обоснованных разработок эффективного оборудования судового машиностроения. В этом же году было создано Научно-производственное объединение в составе ЦНИИ СМ как головного предприятия и «Пролетарского завода».

Сегодня ЗАО «ЦНИИ судового машиностроения» - многопрофильное научно-исследовательское предприятие, обладающее высоким научно-техническим потенциалом, применяющее современные CALS-технологии.

ОАО «Пролетарский завод» совместно с ЗАО «ЦНИИ СМ» создают уникальную продукцию судового машиностроения, успешно используя мировой опыт ведущих зарубежных фирм. Создаваемые изделия обладают высокой конкурентоспособностью в России и за рубежом и в ряде случаев не имеют аналогов в отечественном судостроении.

Продукция судового машиностроения одобрена Морским Регистром РФ, а также может поставляться с сертификатами иностранных классификационных обществ. В 2008 г. получены сертификаты соответствия системы менеджмента качества международному стандарту ИСО 9001 и ГОСТ Р ИСО 9001, а также имеются необходимые лицензии на разработку различных видов техники.

Ряд работ по созданию судового оборудования и устройств, например: устройства передачи грузов в море на ходу и манипуляторные устройства., удостоены Государственной премии СССР и РФ.

ОАО «Пролетарский завод» и ЗАО «ЦНИИ СМ» всегда готовы к взаимовыгодному сотрудничеству с отечественными и зарубежными партнерами.

В сентябре 2011 г. исполняется 185 лет с момента основания в Санкт-Петербурге одного из крупнейших предприятий Северо-Западного региона России, специализирующегося в настоящее время на производстве изделий судового, энергетического и общего машиностроения.

Более века бывший Александровский, а ныне «Пролетарский завод» был основным поставщиком самых современных пассажирских и четырехосных грузовых паровозов.

В 1963 г., имея хорошо оснащенную производственную базу и высокопрофессиональные кадры, «Пролетарский завод» как современное машиностроительное предприятие, согласно постановлению Совета Министров СССР № 973-330 и РСФСР № 4071-рс от 19 сентября 1963 г., был перепрофилирован на создание и поставку судовых машин и гидравлических механизмов для кораблей и судов военно-морского и гражданского флотов страны.

Необходимо отметить, что развитие современного, технически оснащенного флота требовало серьезных и глобальных исследований. Поэтому при «Пролетарском заводе» в 1965 г. создается Специальное конструкторское бюро (СКБ), которое впоследствии преобразуется в Центральное конструкторское бюро (ЦКБ) завода, ведущего разработку новых изделий судового машиностроения в соответствии с планом производства. Первым начальником бюро был В.Д.Гаврилов, а главным инженером А.А.Булгаков. В течение пяти лет были разработаны и освоены в производстве: палубные электрогидравлические краны, рулевые машины, успокоители качки, подъемно-опускные устройства, водоопреснительные установки и средства водоподготовки, широкая номенклатура сложных механизмов для плавбазы «Восток».

Исторический опыт развития Российского флота показал, что без проведения научно-исследовательских работ в области вооружения и в области создания современных судовых машин нельзя достичь паритетных начал на фоне стремительного развития и оснащения крупных морских держав. С этой целью в соответствии с приказом Министерства судостроительной промышленности № 0389 от 22 июля 1970 г. на базе ЦКБ «Пролетарского завода» был организован Центральный научно-исследовательский и проектный институт судового машиностроения (ЦНИИ «Компас»). Этим же приказом на базе ЦНИИ «Компас» и «Пролетарского завода» создано научно-производственное объединение «Компас» (НПО «Компас»).

Имея в своем составе Центральный научно-исследовательский инсти-

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕООРУЖЕНИЕ И МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ МОЩНОСТЕЙ – ГЛАВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО СУДОВОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ К 185-ЛЕТИЮ ОАО «ПРОЛЕТАРСКИЙ ЗАВОД»

А.А. Арутюнян, канд.техн.наук,

генеральный директор ОАО «Пролетарский завод»,

Д.В. Суслов, канд.техн.наук, директор ЗАО «ЦНИИ СМ»,

В.Д. Завирухо, советник генерального директора – ученый секретарь ЗАО «ЦНИИ СМ»,

контакт. тел. (812) 640 1054

тут судового машиностроения (ЦНИИ СМ) и хорошо оснащенную производственную базу, НПО «Компас» стало одним из крупнейших объединений Северо-Запада по выпуску судовых машин и гидравлических механизмов, а гармоничное сочетание науки с производством, позволило предприятию сократить цикл создания изделий от исследования и разработки до их изготовления и обеспечения в эксплуатации.

Номенклатура выпускаемых объединением изделий была достаточно широка и разнообразна и включала практически все механизмы судовых устройств и систем: судовые устройства передачи грузов в море на ходу траверзным способом, манипуляторные устройства для глубоководных аппаратов, оборудование водоподготовки и теплообменные аппараты, рулевые машины, грузовые и специальные лебедки, якорно-швартовные механизмы, гидромоторы и насосы для привода палубных механизмов, а также специальные механизмы и устройства для взлетно-посадочного комплекса авианесущих кораблей.

Рассматривая «Пролетарский завод» как многономенклатурное предприятие, необходимо остановиться на наиболее наукоемких задачах, которые были решены благодаря накопленному опыту и возможностям научно-технического потенциала ЦНИИ СМ.

К таким задачам можно отнести:

1. Создание экспериментального комплекса и элементной базы с одновременной разработкой теории и мето-

дов проектирования манипуляционных систем для глубоководных аппаратов с целью эффективного проведения научных исследований, связанных с изучением Мирового океана.

В результате коллективного творчества конструкторов и ученых ЦНИИ СМ был разработан ряд манипуляторных устройств, которые были изготовлены ОАО «Пролетарский завод», установлены и по сей день успешно эксплуатируются на объектах заказчика. За реализацию данного комплекса работ главный конструктор В.Н.Белоусов был удостоен Государственной премии России.

2. Организация мощной научно-исследовательской и опытно-конструкторской базы, позволившей провести целый ряд работ по проектированию и изготовлению взлетно-посадочного комплекса, состоящего из катапульты, аэрофинишеров и аварийного барьера.

Под техническим руководством главного конструктора А.А.Булгакова была разработана методика измерения параметров взлетно-посадочного комплекса, определены основные характеристики входящих в него отдельных устройств, исследованы математические модели и проведены натурные испытания катапульты и аэрофинишера.

Созданный образец взлетно-посадочного комплекса был установлен на первом отечественном авианесущем крейсере с самолетами горизонтальной посадки.

3. Разработка и производство универсального устройства для передачи-

приема сухих (массой 4 т) и жидких грузов производительностью до 1000 т/ч. Решение этой задачи потребовало создания специального испытательного стенда, на котором был проведен комплекс научно-исследовательских и экспериментальных работ, включающих исследования динамических явлений в тросошланговых системах траверзных устройств с разработкой методов оптимизации оценки их качества.

Изготовленный заводом комплект устройств «Струна В 4,0-1000» установлен на танкере «Днепр» и БПК «Адмирал Макаров», а работа была отмечена Государственной премией.

В настоящее время ОАО «Пролетарский завод» и ЗАО «ЦНИИ судового машиностроения» представляют собой функционально сложившийся современный научно-производственный комплекс (НПК) судового машиностроения, который обладает мощным научно-техническим и производственным потенциалом, выполняет весь цикл создания машиностроительных изделий – от исследования и разработок до их изготовления, испытаний и поставок, а также обеспечивает гарантийное и сервисное обслуживание машиностроительного оборудования, находящегося в эксплуатации.

Предприятия разрабатывают, изготавливают и поставляют судовое и энергетическое машиностроительное оборудование, в ряде случаев не имеющее аналогов в мировой практике и обладающее высокой конкурентоспособностью.

Судовое машиностроительное оборудование:

- взлетно-посадочный комплекс для авианесущих кораблей;
- устройства передачи сухих и жидких грузов между судами в море на ходу;
- подводные манипуляторные устройства с дистанционным управлением;
- рулевые машины роторного и плунжерного типов;
- успокоители качки;
- типоряд аксиально-поршневых гидромоторов и насосов высокого давления;
- судовые электрогидравлические краны;
- палубные механизмы;
- устройства для транспортировки палубных вертолетов;
- гидрооборудование;
- обратноосмотические опреснительные установки;
- аппараты бактерицидные;
- комплект электрогидравлических механизмов для устройств транспортировки корабельных вертолетов и привода ворот;
- спуско-подъемные устройства различного типа и назначений и многое другое.

Энергетическое машиностроительное оборудование (судовое и общепромышленного исполнения):

- газотурбогенераторы мощностью 1500 кВт, работающие как на дизельном топливе, так и на природном газе;
- паротурбогенераторы мощностью от 0,5 до 1,8 мВт, работающие с давлением пара 13–25 кгс/см²;
- питательные насосы и питательные турбонасосные агрегаты для энергоблоков мощностью 12–18 мВт на подачи 850–1500 м³/ч с давлением до 35 МПа;
- конденсатные циркуляционные и питательные электронасосные агрегаты для паровых, парогазовых и геотермальных энергоблоков от 35 до 450 мВт;
- судовые электро- и турбонасосные агрегаты для энергетических установок кораблей ВМФ на подачи 20–1200 м³/ч с давлением 2–9 МПа;
- циркуляционные и питательные электронасосные агрегаты для АЭС.

Практически на всех кораблях и судах военно-морского, гражданско-

го флотов – от тяжелого авианесущего крейсера до прогулочного катера – установлены изделия ОАО «Пролетарский завод».

Примеры указанных видов новой судовой машиностроительной техники представлены на рис.1–3.

Указанные достижения были реализованы на материально-технической базе предприятия, созданной до 1990 г. при госбюджетном финансировании. Последние 20 лет финансирования со стороны госбюджета по известным причинам на техническое перевооружение основных производственных фондов и модернизацию предприятия не было, что не способствует росту уровня конкурентоспособности изделий судового машиностроения.

Для реализации требований современного рынка по судовому машиностроительному и энергетическому оборудованию ОАО «Пролетарский завод» за счет собственных средств приобрел целый ряд нового высокопроизводительного оборудования с освоени-



Рис. 1. Палубный полноповоротный стреловой гидравлический кран грузоподъемностью 20 т

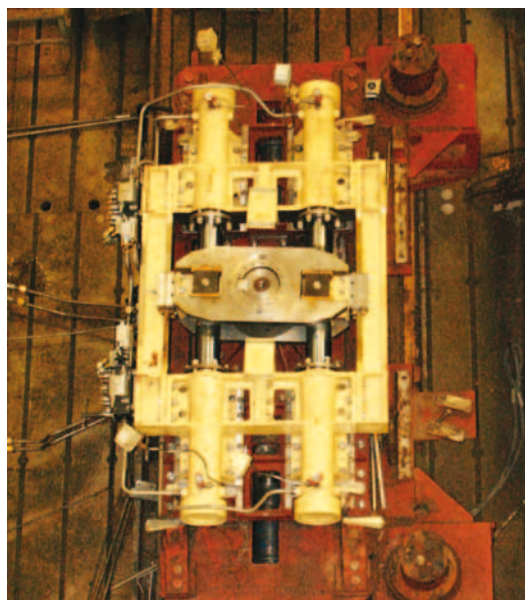


Рис. 2. Машина рулевая РМ160-2 с локальной системой управления

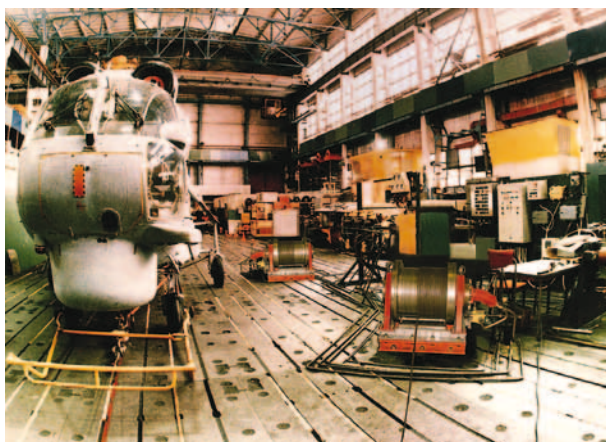


Рис. 3. Устройство транспортировки корабельных вертолетов и привода ворот ангара

ем на его основе высокоэффективных технологий. Однако ограниченность собственных средств предприятия не позволяет провести полномасштабное техническое перевооружение и модернизацию активной части основных производственных фондов (ОПФ). Новаторский же статус перспективных проектов кораблей и судов требует совершенно нового уровня качества судового машиностроительного и энергетического оборудования. Такого качества можно достичь, только используя новые современные высокоэффективные технологии. В этой связи новые технологии проектирования и изготовления судового машиностроительного и энергетического оборудования выступают как средство кардинального перевооружения предприятия.

Целью реализации этого проекта является создание нового конкурентоспособного облика машиностроительного комплекса отечественного судостроения на основе инновационного развития производства судового машиностроительного и энергетического оборудования для нового поколения отечественных кораблей и судов военно-морского и гражданского флота.

Технологическое развитие производственных мощностей судового машиностроения на ОАО «Пролетарский завод» путем организации производства на основе высокоэффективных программно-управляемых технологий обеспечит проведение комплекса исследований и изготовление конкурентоспособных судовых механизмов и оборудования для нового поколения кораблей и судов различных типов и назначений, а также позволит:

- расширить номенклатуру изготавливаемого судового комплектующего оборудования;

- повысить качество судового комплектующего оборудования (СКО);

- повысить в 1,5–2 раза производительность изготовления судового комплектующего оборудования;

- снизить материалоемкость производства в 1,3–1,5 раза и его энергоемкость в 2–2,5 раза за счет освоения эффективных технологий;

- существенно повысить производственную безопасность и снизить выбросы в окружающую среду за счет замены традиционных процессов изготовления металлоконструкций на принципиально новые гибридные процессы;

- обеспечить высокий уровень автоматизации производства;

- обеспечить гибкость производства за счет автоматизированного формирования управляющих программ с использованием современных CAD/CAM систем;

- автоматизировать контрольные операции за счет применения систем адаптации.

Основные задачи, решаемые в результате реализации проекта:

- создание и отработка промышленной высокопроизводительной технологии в отечественном кораблестроении для изготовления гарантированно качественных изделий судового машиностроения для перспективных кораблей и судов, сокращение технологического отставания от передовых стран;

- улучшение условий труда и повышение престижности судового машиностроения.

Реализация такого масштабного проекта технического перевооружения и модернизации производственных мощностей ОАО «Пролетарский завод» и ЗАО «ЦНИИ СМ» требует значительных средств – порядка

6500 млн. руб. и четыре-пять лет на их освоение.

С учетом этих главных показателей были выполнены соответствующие проработки и сформулированы тематические предложения, которые прошли все стадии согласования и включены в проект государственной программы развития ОПК, после утверждения которой будет открыто госбюджетное финансирование технического перевооружения и модернизации ОАО «Пролетарский завод» и ЗАО «ЦНИИ СМ».

Для разработки проекта развития предприятия судового машиностроения – ОАО «Пролетарский завод» – целесообразно использовать имитационное моделирование как инструмент оценки принципиальных оптимизационных проектных решений.

Особенностью рассматриваемого производства является его большая номенклатура изготавливаемой продукции судового машиностроительного и энергетического оборудования.

Основными условиями формирования имитационной модели являются:

- поэтапная модернизация без остановки производственного процесса предприятия;

- оценка возможности использования на длительный период действующего оборудования после капитально-ремонтных работ;

- оптимизация номенклатуры нового приобретаемого оборудования с минимизацией его количества;

- размещение нового оборудования на существующих производственных площадях.

Основные цели имитационного моделирования:

- разработка высокоэффективной производственно-технологической схемы (ПТС) предприятия;

- автоматизация адаптации ПТС к производственному плану предприятия с учетом его оперативных корректировок.

Безусловно, техническое перевооружение и модернизация производственных мощностей ОАО «Пролетарский завод» с освоением новых эффективных производственных технологий создадут современную научно-производственную базу для создания наукоемких конкурентоспособных видов судовой машиностроительной техники для перспективных судов и кораблей флота России. ■

Доктрина укрепления вооруженных сил и, в частности, военно-морского флота нашла свое отражение в государственной программе вооружения на 2011–2020 гг., в которой предусмотрены разработки инновационных технологий по созданию перспективных конкурентоспособных видов морской техники с принципиально новыми параметрами, в том числе со значительно сниженной металлоемкостью.

Характерной особенностью несущих конструкций судовых механизмов является значительная масса, а большая часть этой массы приходится на металлоконструкцию, поэтому одним из приоритетных направлений совершенствования подобной техники является снижение материалоёмкости.

Надежное, безопасное и экономичное функционирование во многом зависит от работы несущей металлоконструкции, снижение массы которой приводит к уменьшению затрат как на производство, так и на монтаж и эксплуатацию. Однако очевидно, что любые изменения конструкции, приводящие или не приводящие к изменению ее массы, должны быть всесторонне обоснованы.

Оценка несущей способности элементов конструкции может базироваться на расчетном или экспериментальном изучении напряженно-деформированного состояния (НДС) изделия. Большой практический интерес представляет разработка расчетных методов численного определения НДС металлоконструкций. Применяемые в настоящее время методы не позволяют полностью учесть все особенности топологии, например, крановых металлоконструкций.

Рассмотрим итерационную процедуру оптимизации стержневых и пластинчатых деформируемых объектов на основе эволюционного моделирования и представим схему генетического алгоритма для структурно-параметрического синтеза несущих систем такого типа. Проанализируем возможность снижения трудоемкости этого алгоритма путем введения имитационного моделирования для априорных оценок работоспособности проектируемых конструкций.

ЦЕЛЕВЫЕ ФУНКЦИИ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ДЕФОРМИРУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

Оптимизации несущих систем посвящено значительное число работ. В качестве целевых функций при решении этих задач различными авторами рассматривался минимум массы (или объема) объекта, минимум стоимости; минимум затрат при условии выбора наиболее опасного сочетания нагрузок, минимум математического ожидания за-

СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗДЕЛИЙ СУДОВОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ И ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

*А.А. Арутюнян, канд. техн. наук, ген. директор ОАО «Пролетарский завод»,
Д.В. Суслов, канд. техн. наук, директор ЗАО «ЦНИИ СМ»,
В.Д. Завирухо, советник ген. директора – ученый секретарь,
А.А. Георгиев, соискатель СПбГМУ, нач. сектора,
ЗАО «ЦНИИ СМ», ,
контакт. тел. (812) 640 1064*

трат на изготовление конструкции, когда исходные данные о параметрах несущей системы и действующих на нее нагрузках носят вероятностный характер, и т.д. Решались и различного рода многокритериальные задачи. Достаточно широкое распространение получил критерий дискретной равнопрочности, когда критерии оптимальности фактически учитываются в скрытом виде.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИОННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТЕРЖНЕВЫХ И ПЛАСТИНЧАТЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Задачу синтеза несущих систем можно отнести к проблеме оптимизации переборного типа, так как поиск в этом случае обычно следует вести на дискретных множествах структур и параметров. Будем рассматривать линейно деформируемую металлическую пространственную конструкцию, которая в общем случае может включать в себя стержни и пластины. В качестве цели оптимального проектирования принимается минимизация функции массы M конструкции:

$$M(Y) \Rightarrow \min,$$

где Y – конечное множество структур и значений параметров несущей системы.

Считаем, что деформируемый объект дискретизирован по схеме метода конечных элементов, построенной путем минимизации функционала Лагранжа. Учитываем следующие основные ограничения:

1) геометрическую неизменяемость системы;

2) условие равновесия узлов конечно-элементной модели

$$[K]\{\delta_t\} = \{R_t\} \quad (t = 1, 2, \dots, t_0),$$

где $[K]$ – глобальная матрица жесткости системы конечных элементов; $\{\delta_t\}, \{R_t\}$ – вектор обобщенных узловых перемещений и вектор приведенной к узлам внешней нагрузки для нагружения t ; t_0 – общее число рассматриваемых нагружений;

3) условия прочности и устойчивости стержней и пластин;

4) ограничения по жесткости. Для каждого из узлов i -той системы конечных элементов при любом нагружении может быть поставлено требование выполнения неравенств

$$f_{i(k)} \leq [f_{i(k)}] \quad (k=1, 2, 3),$$

где $f_{i(k)}$ – перемещение узла i по направлению оси x_k декартовой системы осей координат; $[f_{i(k)}]$ – допустимое значение этого перемещения;

5) общую устойчивость конструкции;

6) унификацию по структурам и параметрам;

7) условия симметрии.

8) конструктивные ограничения (габаритные размеры, возможности применения тех или иных сортов металлов и т.д.).

ОПИСАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ ДЕФОРМИРУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

Будем формировать для несущей системы некоторую избыточную структуру, управление которой предусматривает возможность введения нулевых (отсутствующих) конструктивных элементов, имеющих относительно малый мо-

является оценка значения определителя матрицы [K], однако этот путь представляется весьма трудоемким.

Проведение эволюционного моделирования для оптимизации деформируемых систем связано с необходимостью многократного выполнения сравнительно трудоемкой процедуры проверки прочности рассматриваемых вариантов конструкции. Тем не менее за счет использования базы данных элитных объектов и введения самообучающейся системы для априорной отбраковки особей удается получить генетический алгоритм, позволяющий выполнять оптимизацию достаточно сложных конструкций на персональных компьютерах.

Каждую конкретную реализацию объекта интерпретируем как «особь», набор генов которой определяется состоянием варьируемых параметров. В качестве критерия выживаемости рассматривается масса конструкции.

Чем меньше масса, тем выживаемость объектов, удовлетворяющих поставленным ограничениям, считается более высокой. Общая схема данной вычислительной процедуры представлена на рис. 2. Поясним содержание приведенных на схеме блоков.

Задание исходной информации. Формируются данные о базовой конструкции избыточной структуры и ее конечно-элементной модели, рассматриваемых вариантах нагружения, дискретных множествах допустимых значений для варьируемых параметров, уравнениях связи между параметрами, ограничениях по прочности и жесткости.

Построение имитационной модели. Выполняется построение алгоритмов, позволяющих на основании информации о конструкции, полученной в ходе расчета по методу конечных элементов, исключать из рассмотрения непрочные варианты несущих систем.

Анализ точности имитационной модели. Решается вопрос об адекватности имитационной модели процедурам расчета по методу конечных элементов. В случае, когда имитационная модель не адекватна методу конечных элементов, производится ее корректировка.

Выбор начального поколения. Случайным образом образуется четное число N особей. При этом с помощью датчика случайных чисел выбираются величины варьируемых параметров из дискретных множеств допустимых значений.

Априорная отбраковка вариантов конструкции на основе имитационной модели. На основании информации о выходных данных модели принимается решение об отбраковке объектов текущего поколения по критериям обеспечения несущей способ-

ности и рациональности вариантов конструкции. Если при исключении из рассмотрения какого-либо объекта в базе данных элитных конструкций имеется «особь», еще не использованная в поколении, то она принимается для замены. В противном случае формируется новый вариант конструкции, который также проходит процедуру предварительного анализа. Кроме этого может использоваться схема отбраковки вариантов конструкции по критерию избыточности массы.

Проверка жесткости вариантов конструкции, работоспособности стержней и прочности пластин по методу конечных элементов. Для каждой «особи» в поколении формируется и триангулируется матрица [K], вычисляются векторы $\{\delta_i\}$, напряжения в стержнях и пластинах и делается вывод о выполнении ограничений. Если вариант конструкции не удовлетворяет этим ограничениям, то он исключается из рассмотрения по той же схеме, что и при априорной отбраковке особей. Вновь формиру-

емые объекты также подвергаются проверке на работоспособность стержней и прочность пластин.

Редактирование базы данных элитных объектов. Каждая из «особей» проверяется по двум критериям: существует ли такая «особь» в базе данных элитных конструкций и не превышает ли ее масса массу варианта конструкции в этой базе с наилучшим критерием выживаемости. При обоих отрицательных ответах данная «особь» помещается в базу. Если при этом число «особей» в ней превышает некоторую максимально допускаемую величину, то «особь» с наибольшей массой исключается.

Проверка удовлетворения критерию окончания итераций. Известно, что генетические алгоритмы – мощный инструмент для выхода из локальных экстремумов. Тем не менее, по определению, для задач переборного типа в общем случае не существует достоверного критерия получения глобального оптимума, кроме полного перебора вариантов. Многочисленные

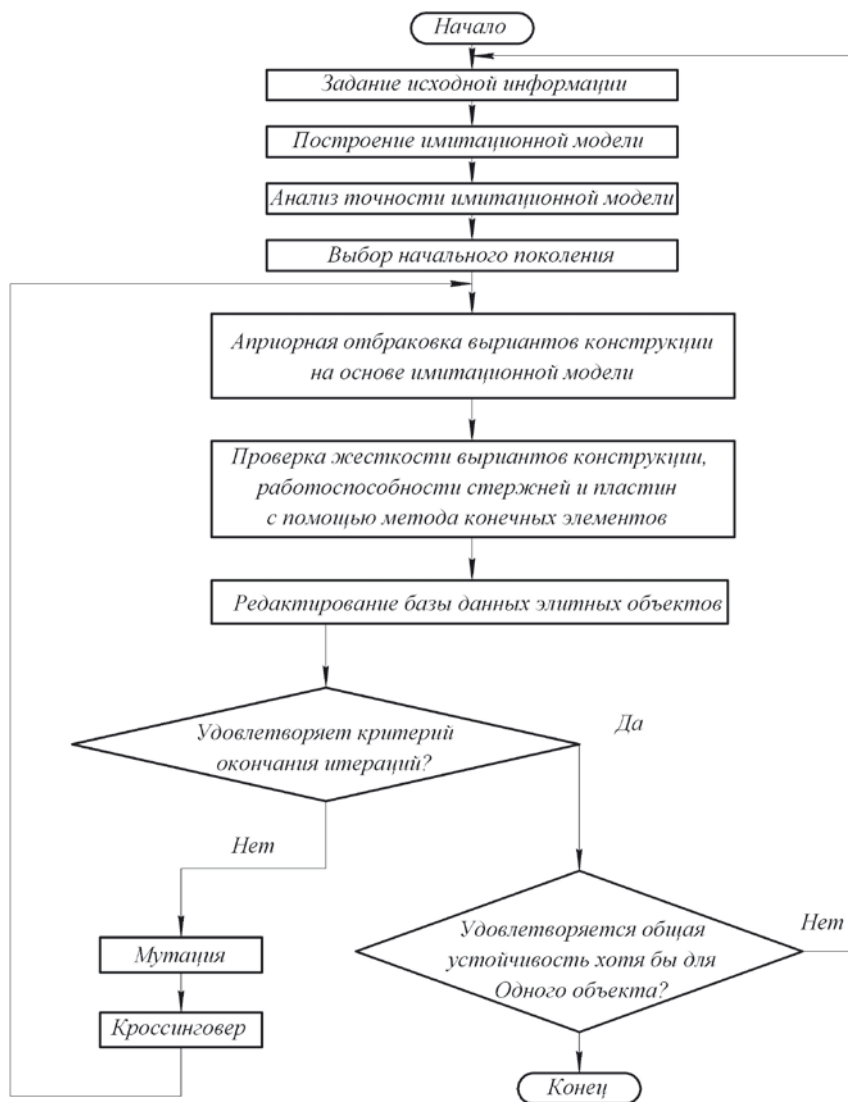


Рис. 2. Алгоритм процедуры оптимизации

расчеты показывают, что при оптимальном проектировании несущих систем с помощью представляемого алгоритма отсутствие изменения в базе данных элитных «особей» в течение 200–300 поколений говорит о целесообразности остановки оптимизации. Дальнейшее продолжение итерационного процесса обычно не приводит к сколько-нибудь существенному изменению параметров для наиболее рациональных проектов.

Мутация. Случайным образом для каждого варианта конструкции может быть изменен ряд параметров.

Кроссинговер. Последовательно выбираются $N/2$ пар особей из текущего поколения стохастической схе-

мой с перемещением в зависимости от массы M_1 конструктивных элементов, подвергающихся изменениям в процессе оптимизации. В процессе кроссинговера мы не допускаем повторного попадания особи в пару. В то же время одна особь имеет возможность попасть в несколько пар. Далее для каждой из $N/2$ пар осуществляется обмен параметрами.

Проверка обеспечения общей устойчивости. Анализируется общая устойчивость для вариантов несущей системы, вошедших в базу данных элитных объектов. Результат считается отрицательным, если ни один из проверяемых вариантов конструкции не удовлетворяет этому ограничению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Емельянов В.В., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Теория и практика эволюционного моделирования – М.: Физматлит, 2003. – 432 с.
2. Гольдштейн Ю.Б., Соломещ М.А. Вариационные задачи статики оптимальных стержневых систем – Л.: Изд. ЛГУ, 1980. – 208 с.
3. Букатова И.Л. Эволюционное моделирование и его приложения – М.: Наука, 1991. – 244 с.
4. Вавилов А.А., Имаев Д.Х., Плескунин В.И., Фомин Б.Ф. Имитационное моделирование производственных систем – М.: Высшая школа, 1983. – 416 с. ■

- Информационно-поисковая - система -

К  **рабсп.ру**

Судостроение. Судостроение. Судоремонт.

ЧЕСТНО О СУДОСТРОЕНИИ

В ОАО «Новая ЭРА» сделаны первые шаги по разработке интеллектуального главного распределительного щита (ГРЩ), решающего с помощью современного контроллера задачи по защите электроэнергетических систем ряда проектов кораблей, передачи информации и получению команд от системы управления верхнего уровня. Создание контроллера, его программирование и разработка конструктива для установки в ГРЩ выполнена силами специалистов конструкторского отдела морских и специальных НКУ (КО-1) ОАО «Новая ЭРА». Сегодня они продолжают разработки в этом направлении.

В 2004 г. в практике создания ГРЩ был сделан значительный шаг, предопределивший направление дальнейшего развития ГРЩ для заказов ВМФ. По одному из заказов был разработан и изготовлен ГРЩ, собранный из комплектующих изделий ведущих мировых производителей: автоматических выключателей, устройств защиты реле и других изделий.

Швартовные испытания и дальнейшая эксплуатация корабля подтвердила правильность принятых технических решений, в том числе о применении в ГРЩ комплектующих изделий ведущих мировых производителей.

Был создан уникальный ГРЩ одностороннего обслуживания с минимальными габаритами, и общее снижение весовых характеристик комплекта ЭРУ для корабля составило 15 т. Однако в ГРЩ корабля этого заказа были заложены традиционные технические решения, применявшиеся в ГРЩ начиная с середины 80-х гг. прошлого столетия:

- основной способ управления – дистанционный из командного поста;
- автоматическое управление и основные алгоритмы защиты электроэнергетической системы (ЭЭС) реализуются в СУ ЭЭС;
- с ГРЩ производится резервный способ управления, с минимальными защитными функциями;
- в ГРЩ включается оборудование обеспечивающее передачу информации в СУ ЭЭС в аналоговом виде.

Применение комплектующих изделий иностранного производства выдвинуло новые проблемы создания ГРЩ, одной из которых является низкая ударостойкость части комплектующих изделий иностранного производства.

На этапе разработки технического проекта ГРЩ последующего зарубежного заказа были исследованы и испытаны ГРЩ на повышенную удароустойчивость.

В результате для ГРЩ последующих заказов стали применяться спирально-тросовые виброизоляторы (амортизаторы), позволяющие значительно повысить удароустойчивость ГРЩ примерно в два раза.

При разработке этих ГРЩ были учтены мировые тенденции развития ГРЩ гражданского флота с элементами автоматизации или полностью автоматизированных.

ГРЩ был разработан на основании технического задания, в котором предусмотрено три режима работы судовой ЭЭС:

- с пульта СУ ЭЭС;
- автоматизированный с ГРЩ;
- ручной.

Информация о состоянии автоматических выключателей, параметры судовой электроэнергетической системы, состояние сопротивления изоляции и другая информация передается в цифровом виде по магистрали в соответствии с ГОСТ. Команды из СУ ЭЭС частично принимаются в цифровом виде и в виде сигнала напряжения.

В режиме «с пульта СУ ЭЭС» управление электроэнергетической системой производится с пульта управления, входящего в состав САУ ЭЭС (команды выделены красным цветом).

ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ГРЩ ДЛЯ ЗАКАЗОВ ВМФ

В.С. Коршун, зам. начальника отдела ОАО «Новая ЭРА»,
контакт. тел. (812) 610 0251

В ГРЩ установлены два контроллера: один контроллер полностью резервирует другой и включается в выдачу команд при исчезновении сигнала об исправности первого.

Выбор СЛТ, с которым работают контроллеры, производится с ГРЩ вручную; переключение на резервное СЛТ – оператором с ГРЩ (рис. 1).

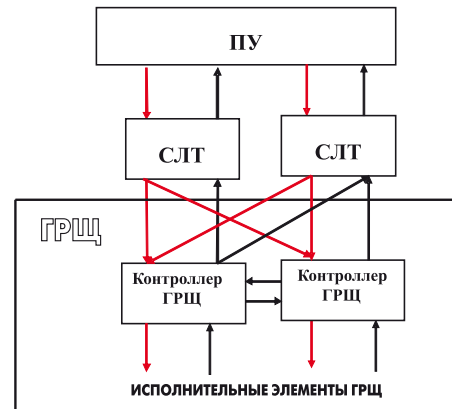


Рис. 1. Алгоритм режима работы ЭЭС «с пульта ЭЭС»

В данном режиме электроэнергетическая система корабля работает по традиционной схеме, основные принципы которой заложены в 70-80 гг. прошлого века.

Алгоритмы защиты реализуются в СЛТ, контроллер, установленный в ГРЩ, служит для трансляции команд из СЛТ к исполнительным элементам.

В режиме «автоматизированном с ГРЩ» управление электроэнергетической системой производится с ГРЩ, однако, команды, подаваемые с ГРЩ транслируются в станцию локальную технологическую и возвращаются в ГРЩ для исполнения (команды выделены красным цветом).

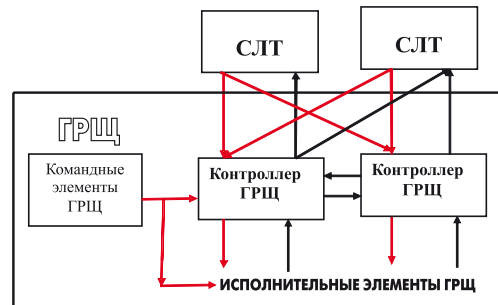


Рис. 2. Алгоритм автоматизированного управления ЭЭС с ГРЩ

Все алгоритмы защиты выполняет СЛТ и через контроллеры ГРЩ транслирует их на исполнительные элементы ГРЩ (рис. 3).

Контроллеры ГРЩ обеспечивают защиту ЭЭС:

- от понижения напряжения (2-я ступень),
- защиту от понижения частоты (2-я ступень),
- запуск резервного дизель-генератора на обесточенные шины,
- запуск резервного дизель-генератора при обрыве фазы фидера питания с берега.

Алгоритмы защиты реализуются контроллером при выходе из строя СЛТ.

Из приведенной схемы хорошо видно, что существует дополнительная петля в части подачи команд и их исполнения, вызванная наличием СЛТ, что в конечном итоге снижает надежность системы в целом и увеличивает итоговую стоимость поставки.

В режиме «ручном с ГРЩ» команды подаются с ГРЩ и автоматически реализуются только защиты, предусмотренные с ГРЩ. Контроллеры ГРЩ обеспечивают аналогичную защиту ЭЭС.

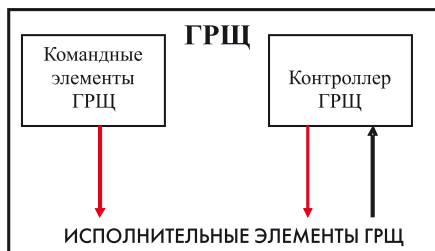


Рис. 3. Работа ГРЩ

ОПЫТ СОЗДАНИЯ ГРЩ ДЛЯ ЗАКАЗОВ РОССИЙСКОГО МОРСКОГО РЕГИСТРА СУДОСТРОЕНИЯ И ДРУГИХ МОРСКИХ ОБЩЕСТВ

Для последнего пр. 95132 был изготовлен автоматизированный ГРЩ со встроенной автоматической системой управления электростанцией. По классификации DNV, эта система носит название Power Management System (PMS). Структура PMS показана на рис. 4. Компоненты PMS размещены в различных секциях ГРЩ. Программируемый логический контроллер (PLC), устройство защиты и управления (PPU) генератором ДГ1 и автоматический выключа-

тель QG1 размещены в секции СГ1 ГРЩ, устройства PPU, генераторов ДГ2 и ВГ, а также их автоматические выключатели QG2 и QSG размещены соответственно в секциях СГ2 и СВГ ГРЩ.

В состав PMS входит PLC (Telemecanique, Франция) и три устройства защиты и управления генераторами Multi-Line 2 (DEIF A/S, Дания). Эта система выполняет следующие основные функции:

- назначение приоритета каждому ДГ (основной, резервный, ручное управление);
- автоматический запуск и включение на сборные шины (без синхронизации) ДГ с наивысшим приоритетом при обесточивании ГРЩ;
- автоматический запуск и включение на сборные шины (с синхронизацией) резервного ДГ при повышении нагрузки основного работающего, автоматическая плавная разгрузка, отключение и остановка резервного ДГ при снижении нагрузки на электростанцию;
- автоматический запуск и включение на сборные шины (с синхронизацией) резервного ДГ при получении предупредительного сигнала от работающего ДГ, автоматическая плавная разгрузка, отключение и остановка неисправного ДГ;
- мгновенное отключение от шин ДГ при получении от него сигнала «аварийная остановка»;
- по сигналу от системы управления главного двигателя (САУ ДГ) автоматическая синхронизация ВГ с шинами ГРЩ, автоматический плавный перевод нагрузки с работающего ДГ на ВГ, отключение и остановка ДГ;
- по сигналу от САУ ДГ при работающем на шины ГРЩ ВГ автоматический запуск ДГ с наивысшим приоритетом, его синхронизация и включение на шины ГРЩ, автоматический плавный перевод нагрузки с ВГ на ДГ, отключение ВГ от шин ГРЩ;

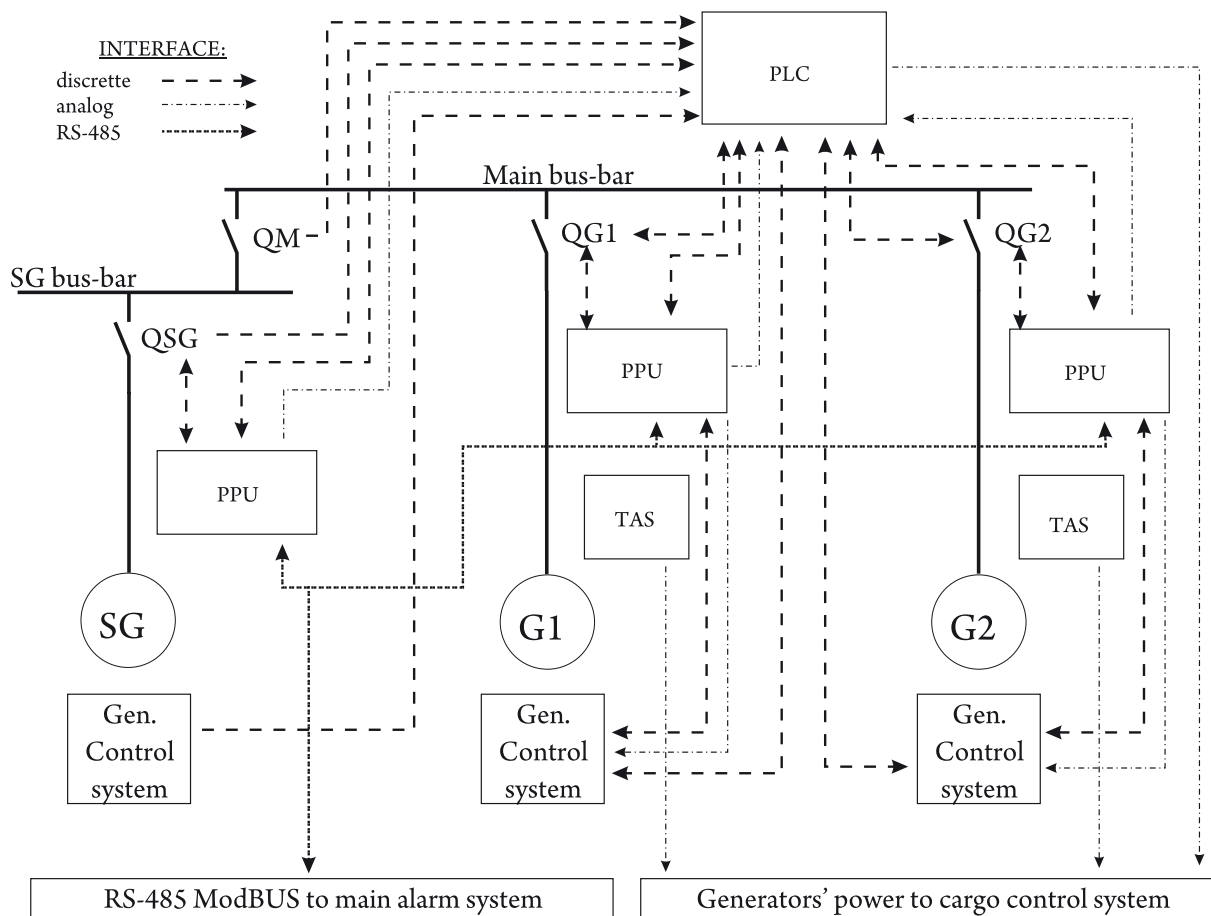


Рис. 4. Система PMS

– защита генераторов от перегрузки и снижения частоты (защита от снижения напряжения и короткого замыкания осуществляется генераторными выключателями);

– двухступенчатое отключение неответственных потребителей при перегрузке генераторов

Средства автоматизации судовой электростанции (автоматизированный ГРЩ), в общем случае, должны выполнять следующие функции:

– дистанционное управление дизель-генераторами (ДГ);

– дистанционный пуск дизель-генератора (ДГ);

– дистанционная остановка дизель-генератора (ДГ);

– автоматическая синхронизация подготовленного к приёму нагрузки генератора с последующим включением с последующим включением его на параллельную работу и распределением нагрузки;

– поддержание резервных дизель-генераторов в готовности к пуску;

– автоматический ввод на параллельную работу резервных дизель-генераторов, находящихся в готовности к пуску;

– автоматическая остановка дизель-генератора;

– блокировка пуска дизель-генератора, остановленного по сигналу об отклонении одного из контролируемых параметров (в работе или в процессе пуска);

– блокировка включения крупных потребителей при недостаточном запасе генерируемой мощности;

– автоматический пуск находящихся в готовности резервных дизель-генераторов в случае обесточивания судна, включение на щиты ГРЩ одного из них, первым вошедшим в режим готовности к приёму нагрузки, последующим вводом в действие потребителей ответственного назначения, обеспечивающих движение судна;

– задание очередности пуска резервных дизель-генераторов при неисправности или перегрузке работающего;

– исполнительная сигнализация отображает включённое (в работе) или выключенное (выведенное из работы) состояние основного оборудования СЭС, автоматических выключателей генераторов, секционных выключателей, системы управления;

– аварийно-предупредительная сигнализация;

– сохранение режима работы СЭС при отказе системы управления.

Система управления электростанцией (СУ СЭС) на гражданских судах поставляется либо в составе ГРЩ, если ГРЩ и СУ СЭС изготавливаются одним предприятием, либо в отдельном конструктиве, если ГРЩ и СУ СЭС поставляются различными изготовителями. Совместная поставка снимает всевозможные нестыковки между предприятиями изготовителями ГРЩ и СУ СЭС, позволяет провести необходимые испытания на предприятии до поставки оборудования на судозавод, что значительно снижает трудоемкость и длительность швартовых испытаний на судозаводе.

В связи с ростом энерговооруженности происходит рост мощности. На добычных судах и буровых платформах уже давно превысили значение мощности, которую

можно передать при напряжении до 1 кВ. В связи с преимуществами электродвижения все больше ЕЭЭС, крупных танкеров и морских судов ледового класса переходят на напряжение 6 кВ.

Это приводит к использованию в щитах нового класса электроустройств – микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики. Устройства обладают вычислительными средствами для обеспечения большого числа функций защит различного электрооборудования и зачастую используются не в полном объеме, а те функции, которые они могли бы выполнять переданы в СУ ЭЭС.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ГРЩ ДЛЯ ЗАКАЗОВ ВМФ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПЫТА СОЗДАНИЯ ГРЩ ГРАЖДАНСКИХ СУДОВ ДЛЯ ГРЩ ЗАКАЗОВ ВМФ.

Наряду с обозначенными тенденциями в развитии ГРЩ следует отметить мировую тенденцию по передаче информации в цифровом виде. Автоматические выключатели новой разработки ведущих фирм производителей позволяют передавать информацию по шине Modbus (RS 232C, RS485).

Таким образом, мировые производители создали аппаратуру, позволяющую обеспечить сигнализацию и производить управление коммутационными аппаратами посредством контроллеров, управляющих ЭЭС.

С 1 января 2011 г. были переизданы общие технические требования к электроэнергетическим системам корабля. Введены в действие новые военные ГОСТ, в которых выдвинуты новые требования к автоматизации управления ЭСК. Введены дистанционно-автоматизированный режим управления ЭСК, программный режим управления и местный.

Также введено требование контроля текущего состояния элементов ЭСК и определения статистической тенденции его изменения и время достижения предельного состояния. «Лидер» должен выявляться по следующим параметрам:

– сопротивление изоляции участков сети (под напряжением и без напряжения);

– температура шинопроводов;

– число срабатывания автоматических выключателей и коммутационно-защитной аппаратуры.

Поставленная задача по контролю текущего состояния и определению статистической тенденции потребует разработки дополнительных алгоритмов решения задачи и тем самым приведет к необходимости автоматизировать процессы сбора и обработки информации о состоянии наиболее ответственных элементов системы.

ОАО «Новая ЭРА» предлагает поработать над определением структуры состава секций перспективных ГРЩ, обеспечивающих в полном объеме реализацию всех защит ЭЭС, предусмотренных новыми ГОСТ и обеспечивающих работу ее при отказе системы управления без ущерба для ЭЭС корабля. Эту работу необходимо выполнять совместно с конструкторскими бюро – проектантами кораблей и 1ЦНИИ МО РФ.

На основании этих проработок логично будет приступить к созданию ГРЩ нового поколения с учетом современных тенденций развития оборудования. ■

В настоящее время мировой рынок мехатронных систем стремительно развивается. На ряду с уже известными и завоевавшими определенное признание конструкциями электродвигателей появляются новые – более совершенные. В области создания современных сервоприводов, в которых нашли воплощение новейшие достижения мехатроники, лидирующее место занимают такие крупные зарубежные фирмы как «Lepux», «OEMER», «EXLAR» и т.д.

Среди сервоприводов для исполнительных механизмов и, в частности, сервоприводов для регулирующей запорной арматуры наибольший интерес представляют разработки на базе линейного серводвигателя американской фирмы «EXLAR» [1]. Сотрудники фирмы «EXLAR» создали ряд электромеханических приводов, состоящих из механической передачи (планетарной или ролико-винтовой), электродвигателя с постоянными магнитами на роторе, прецизионного датчика положения исполнительного механизма и микропроцессорной системы управления. Причем в ряде приводов применен сервомотор, произведенный по новой технологии T-LAM™ (сегментированный ламинированный статор). Использование новой конструкции электродвигателя позволило повысить его удельные показатели примерно на 50%.

Компоновка электропривода для запорной арматуры с применением линейного серводвигателя EXLAR приведена на рис. 1. Такая компоновка позволяет применить стандартно изготовленный линейный электропривод практически без доработки конструкции, хотя и увеличивает габариты клапана.

В настоящей статье приводится описание вновь разработанного принципа



Рис. 1. Электропривод с линейным серводвигателем «EXLAR»

МЕХАТРОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД КЛАПАНА ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ НА ОСНОВЕ ДВИГАТЕЛЯ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ И ГЛАДКИМ ЯКОРЕМ

*С.П. Андрущук, генеральный директор,
Ю.Г. Белогорцев, нач. направления,
О.Е. Лозицкий, канд. техн.наук, зам. нач. направления,
А.В. Моря, канд. техн.наук, нач. сектора,
В.А. Гудев, инженер-программист, ОАО «Системы управления и приборы»
контакт. тел. (812) 320 2393*

ально нового образца герметичного погружного электропривода для клапана запорной арматуры Ду- 40, Ру- 25 на базе бесконтактного синхронного электродвигателя, имеющего гладкий якорь с беспазовой активной зоной и постоянные магниты на роторе [2].

Компоновка погружного электропривода для клапана запорной арматуры («ЭП-КА01»), показанная рис. 2, не изменяет конструкцию арматуры (исполнительного механизма) и не увеличивает ее объемные габариты. Установка и демонтаж «ЭП-КА01» выполняются без разгерметизации арматуры (исполнительного механизма). Особое внимание при разработке конструкции электропривода уделялось повышению надежности с учетом герметичного погружного исполнения. Все элементы электродвигателя, блока управления, датчиков положения ротора и датчика положения исполнительного механизма клапана выполнены без применения редуктора, подшипниковых узлов, элементов уплотнений, смазки. Такое техническое решение стало возможно только потому что, во-первых, применен безредукторный вариант привода и, во-вторых, по принципу действия двигатель не имеет побочных сил притяжения подвижной части (ротор) к неподвижной части (статор).

Все наружные поверхности конструкции «ЭП-КА01» выполнены из коррозионноустойчивого к воздействию морской воды материала АМГ6 (могут быть изготовлены из титана или нержавеющей стали). Внутренние части электродвигателя (обмотка статора, постоянные магниты на роторе, датчик положения ротора), блока управления и датчика по-



Рис. 2. Погружной электропривод для клапана запорной арматуры «ЭП-КА01»

ложения задвижки клапана залиты специальным компаундом с высокой теплопроводностью, т.е. без газонаполненных или жидкостнонаполненных полостей. Напряжение питания привода и сигналы дистанционного цифрового управления (CAN-интерфейс) подаются через герметичные разъемы.

В процессе эксплуатации электропривод не требует технического обслуживания (табл. 1)

Задание положения задвижки клапана поступает по цифровому интерфейсу CAN с пульта дистанционного управления (ПДУ). Структурная схема электропривода приведена на рис. 3.

Блок управления (БУ) обрабатывает команды с ПДУ, получает сигнал о текущем положении задвижки клапана с датчика положения задвижки

Основные технические характеристики «ЭП-КА01»

Характеристика	Значение
Окружающая среда	РрХК28%, морская вода, воздух
Температура окружающей среды, °С	От -35 до +50
Допустимое давление окружающей среды, кгс/см ² , не более	40
Макс. момент, Н·м, не менее	22,5
Номин. момент, Н·м	10
Дистанционное управление	CAN-интерфейс
Напряжение питания, В	48
Точность позиционирования, %	+1
Исполнение по ГОСТ 15150-69	ОМ5

(ДПЗ), и в соответствии с текущими сигналами с датчика положения ротора (ДПР) формирует с использованием широтно-импульсной модуляции напряжение статорной обмотки синхронного двигателя с постоянными магнитами на роторе и гладким якорем (ДПМ-ГЯ).

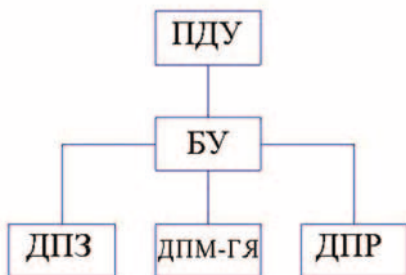


Рис. 3. Структура электропривода

Для ручного изменения положения задвижки клапана достаточно или перевести «ЭП-КА01» в ручной режим (подать специальную команду с ПДУ), или снять питание с БУ (отсоединить разъем питания). После этого вручную, вращая рукоятку клапана, выставить требуемое положение задвижки клапана.

Абсолютный ДПЗ вырабатывает электрические сигналы пропорциональные положению задвижки клапана с дискретность 0,03 мм. Полный линейный ход (от полностью открытого до полностью закрытого состояния) задвижки клапана составляет 12,5 мм (что соответствует трем оборотам ротора электродвигателя). Точность позиционирования клапана во всем диапазоне регулирования составляет 1%, кроме двух крайних положений (полностью открытого и полностью закрытого) – в этих точках «ЭП-КА01» выполняет затяжку клапана с фиксированным программно управляемым значением момента.

Синусоидальное распределение поля магнитной системы электродви-

гателя в сочетании с синусоидальным распределением МДС обмотки статора позволило обеспечить постоянный момент во всем диапазоне вращения ротора и, в свою очередь, обеспечило работу привода без шумов и вибраций (рис. 4, 5).

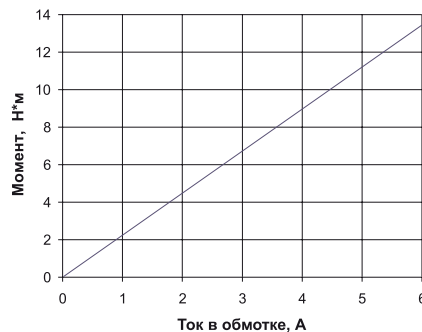


Рис. 4. Зависимость крутящего момента от величины тока в обмотке статора

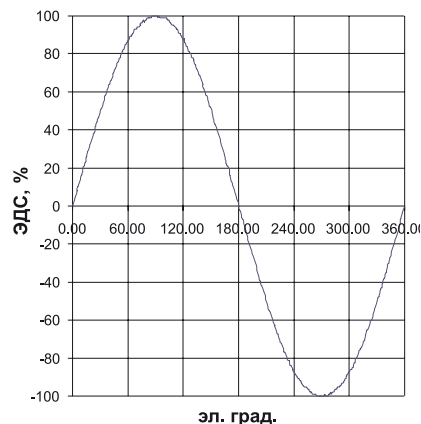


Рис. 5. Форма ЭДС в обмотке статора

Электропривод «ЭП-КА01» позволяет ускорить и автоматизировать процессы поддержания заданных положений ряда клапанов. От одного источника питания можно запитать более 100 электроприводов с учетом последовательно выполнения команд управления. Задания положений электроприводам задвижек могут определяться как опера-

тором (подачей команд с пульта дистанционного управления), так и по специальному алгоритму, выдаваемому автоматизированной системой управления.

Области применения электропривода, представленного в настоящей статье могут быть самые различные:

- трубопроводная арматура надводных и подводных кораблей;
- транспортные нефтегазопроводы;
- водопроводы и распределительные водопроводные сети;
- нефтеперегонные предприятия;
- предприятия химической промышленности.

Следует также отметить, что данную конструкцию электродвигателя можно с успехом применять в самых различных устройствах, где требуются повышенные требования по надежности, герметичности, шумности и т.п.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный электропривод ЭПКА-01 имеет следующие преимущества:

- не изменяет конструкции арматуры (исполнительного механизма) и не увеличивает ее объемные габариты;
- установка и демонтаж выполняются без разгерметизации арматуры (исполнительного механизма);
- не требует каких-либо уплотнений и смазки;
- перевод в режим ручного регулирования положения клапана арматуры обеспечивается по каналу цифрового управления, или отключением напряжения питания;
- имеет высокую точность позиционирования исполнительного механизма арматуры;
- предусмотрена возможность регулирования скорости перемещения исполнительного механизма арматуры;
- имеет высокую надежность (отсутствие люфтов, редуктора, подшипников);
- не требует обслуживания в процессе эксплуатации;
- в процессе работы отсутствуют шумы и вибрации;
- допускает работу запорного клапана в погруженном состоянии при давлении до 40 кгс/см²

ЛИТЕРАТУРА

1. EXLAR – совершенный электропривод для клапанов, <http://proautomatika.ru/content/view/92/80/>
2. Патент РФ № 2008111763: Бесконтактная синхронная машина, имеющая гладкий якорь с беспазовой активной зоной и постоянные магниты на роторе. – БИ, 2009, №33. ■

В настоящее время в системах тепло- и горячего водоснабжения используются сетевые электронасосы и сетевые подогреватели (бойлеры). Это громоздкое и ненадежное оборудование. Кроме того, электронасосы требуют значительных затрат электроэнергии. Эти недостатки, создающие много проблем при стационарном теплоснабжении, приобретают особую остроту на плавучих атомных электростанциях.

Идея заменить электронасосы и бойлеры пароводяными струйными аппаратами (ПВСА) появилась давно. В централизованном теплоснабжении ПВСА впервые был применен, вероятно, в 1924 г. в Ленинграде [1]. Однако продолжения этот опыт не получил – классический ПВСА со сверхкритическим паровым соплом страдает пара для обеспечения циркуляции в сети больше, чем необходимо для подогрева сетевой воды.

В СПбГМТУ специально для использования в качестве циркуляционного средства первого контура в ядерных паропроизводящих установках были созданы ПВСА нового типа [2]. Благодаря дозвуковому паровому соплу и особой геометрии проточной части, имеют высокий коэффициент инжекции и достаточный срывной напор.

Позднее эти технические решения были адаптированы к условиям работы систем теплоснабжения. На базе котельной СПбГМТУ (Ленинский пр., 111) был создан стенд для натуральных испытаний системы теплоснабжения с ПВСА. Полученные на этом стенде данные позволили откорректировать программу для расчета характеристик ПВСА [3] для давления сетевого контура.

Была проанализирована работа котельной СПбГМТУ в течение отопительного сезона 2002/2003 г. [4] и получены надежные расчетные зависимости для интегральных коэффициентов теплопередачи от сетевого контура к воздуху помещения и от воздуха помещения к наружному воздуху.

Для интегрального коэффициента теплопередачи от отопительной системы к наружному воздуху получена зависимость (рис. 1)

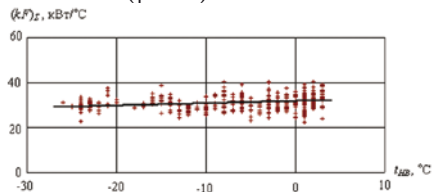


Рис. 1. Значения интегрального коэффициента теплопередачи от отопительной системы непосредственно к наружному воздуху. Сплошная линия – аппроксимационная зависимость (1)

$$(kF)_{\Sigma} = 0,092 \cdot t_{\text{нв}} + 31,88, \quad (1)$$

где $(kF)_{\Sigma}$ – интегральный коэффициент теплопередачи от отопительной системы к наружному воздуху, кВт/°С; $t_{\text{нв}}$ – температура наружного воздуха, °С.

Для интегрального коэффициента теплопередачи от воздуха в помещении к наружному воздуху $(kF)_{\text{H}}$ была предложена зависимость (см. рис. 2)

$$\text{если } t_{\text{нв}} < -17,5; \quad \text{то } (kF)_{\text{H}} = 0,130 \cdot t_{\text{нв}} + 65,56; \quad (2)$$

$$\text{если } -17,5 \leq t_{\text{нв}} < -3,5; \quad \text{то } (kF)_{\text{H}} = 1,136 \cdot t_{\text{нв}} + 83,16; \quad (3)$$

$$\text{если } -3,5 \leq t_{\text{нв}}; \quad \text{то } (kF)_{\text{H}} = 4,406 \cdot t_{\text{нв}} + 94,60; \quad (4)$$

где $(kF)_{\text{H}}$ – интегральный коэффициент теплопередачи от воздуха в помещении к наружному воздуху, кВт/°С.

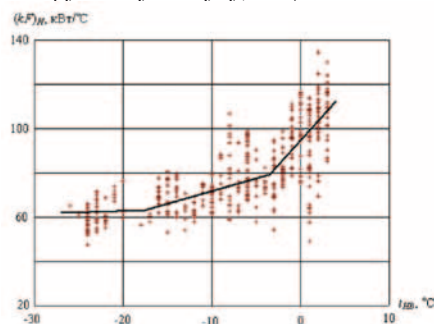


Рис. 2. Значения интегрального коэффициента передачи тепла от воздуха в помещении к наружному воздуху. Сплошная линия – аппроксимационные зависимости (2) – (4)

Полученные зависимости позволили провести подробные расчетно-теоретические исследования системы теплоснабжения с ПВСА применительно к сетевому контуру котельной СПбГМТУ.

На рис. 3 показана температура теплоносителя в прямой и обратной магистралях, обеспечивающая постоянную температуру воздуха в обогреваемом помещении. Расход на горячее водоснабжение (ГВС) был принят равным 3 кг/с. Как видно из рисунка, замена сете-

РАСЧЕТНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БЕЗБОЙЛЕРНОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ПАРОВОДЯНЫМИ СТРУЙНЫМИ СРЕДСТВАМИ ЦИРКУЛЯЦИИ

В.В. Кожемякин, канд. техн. наук, доцент,
А.В. Лоханов, студент, СПбГМТУ,
контакт. тел. (812) 714 0651

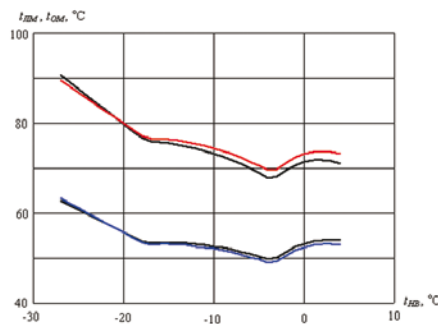


Рис. 3. Температура теплоносителя в прямой (красная) и обратной (синяя) магистралях сетевого контура с ПВСА в зависимости от температуры наружного воздуха. Черным цветом для сравнения показаны температура теплоносителя в прямой и обратной магистралях сетевого контура с электронасосом

вого электронасоса на ПВСА слабо сказывается на температуре в сети.

На рис. 4 показаны параметры ПВСА, обеспечивающие указанную температуру теплоносителя. Регулирование мощности, передаваемой потребителям, обеспечивалось давлением пара перед ПВСА [5].

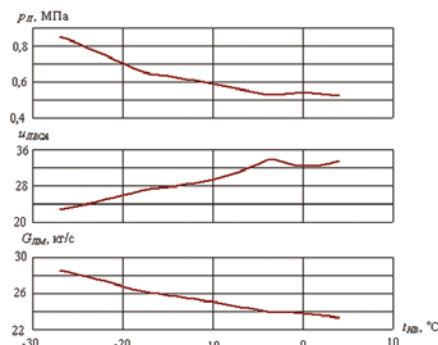


Рис. 4. Зависимость давления пара перед ПВСА $p_{\text{л}}$, коэффициента инжекции ПВСА и расхода теплоносителя в прямой магистрали $G_{\text{дм}}$ от температуры наружного воздуха. Сетевой контур с ПВСА; расход на ГВС – 3 кг/с.

При понижении температуры наружного воздуха давление пара перед паровым соплом ПВСА должно повышаться. Это увеличивает разность температур теплоносителя в прямой и обратной магистралях, а также расход теплоносителя в сети. Как следствие, повышается мощность, передаваемая потребителю.

На увеличение расхода на ГВС сетевой контур с ПВСА реагирует так же как и контур с электронасосом – требует повышения температуры в прямой магистрали (рис. 5).

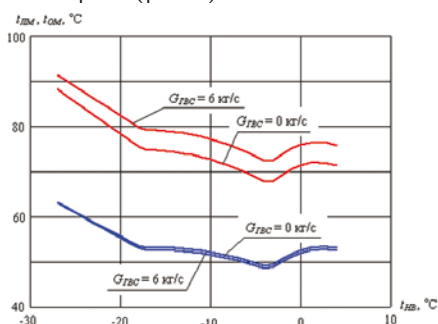


Рис. 5. Влияние расхода на ГВС на зависимость температуры теплоносителя в прямой (красная) и обратной (синяя) магистралях в сетевом контуре с ПВСА

Была также проанализирована реакция сетевого контура на изменение температуры наружного воздуха при отсутствии регулирования расхода пара. Были рассмотрены три случая: система нормально работает при температуре наружного воздуха -20°C , -10°C и 0°C . Расход на ГВС был принят равным 3 кг/с . Изменение параметров в сетевом контуре с ПВСА представлены на рис. 6 и 7.

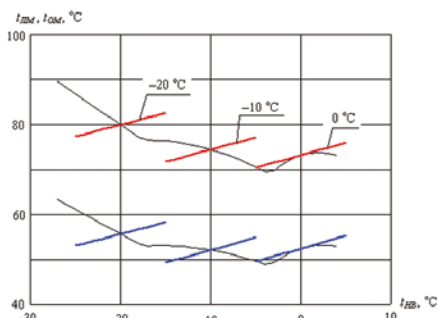


Рис. 6. Изменение температуры теплоносителя в прямой (красная) и обратной (синяя) магистралях в нерегулируемом сетевом контуре с ПВСА при изменении температуры наружного воздуха. Черные кривые – необходимая температура теплоносителя.

Изменение температуры наружного воздуха при отсутствии регулирования приведет к изменению тем-

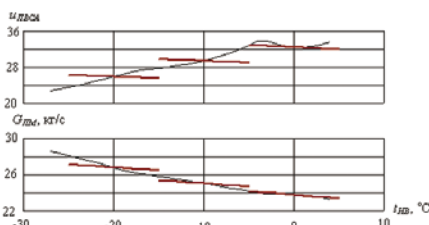


Рис. 7. Изменение коэффициента инжекции ПВСА и расхода теплоносителя в прямой магистрали $G_{\text{ПМ}}$ в нерегулируемом сетевом контуре с ПВСА при изменении температуры наружного воздуха. Черные кривые – необходимые значения параметров.

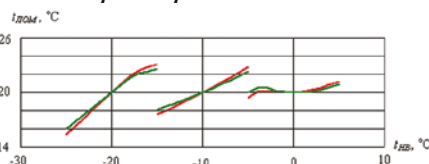


Рис. 8. Изменение температуры воздуха в обогреваемом помещении при изменении температуры наружного воздуха. Красные линии – нерегулируемый сетевой контур с электронасосом; Зеленые линии – нерегулируемый сетевой контур с ПВСА.

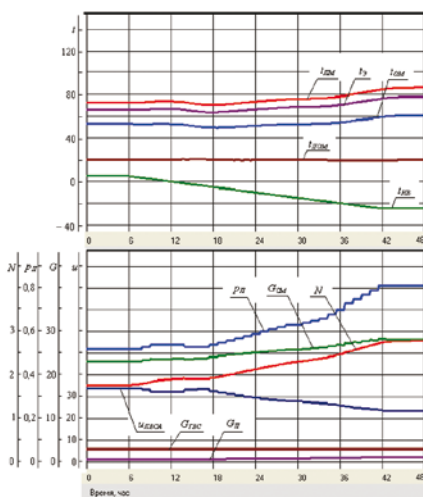


Рис. 9. Динамические характеристики сетевого контура с ПВСА при снижении температуры наружного воздуха от $+5^\circ\text{C}$ до -25°C со скоростью 20°C/сут . Расход на ГВС – 3 кг/с . Температура наружного воздуха начинает снижаться при $\tau = 5 \text{ ч}$. Давление пара перед ПВСА меняется в соответствии с рис. 4.

пературы в обогреваемом помещении (рис. 8).

При понижении температуры наружного воздуха и при отсутствии регулирования температура воздуха в обогреваемом помещении, как и следует ожидать, снижается. Причем благодаря тому, что ПВСА обладает само-

регулированием, в сетевом контуре с ПВСА снижение температуры воздуха в обогреваемом помещении меньше, чем в сетевом контуре с электронасосом.

Применительно к сетевому контуру котельной СПбГМТУ были выполнены расчетно-теоретические исследования нестационарных процессов. На рис. 9 приведены значения параметров сетевого контура с ПВСА при снижении температуры наружного воздуха от $+5^\circ\text{C}$ до -25°C со скоростью 20°C/сут . Расход на ГВС был принят равным 3 кг/с , давление пара перед ПВСА менялось в соответствии с рис. 4. Давление пара перед ПВСА менялось по $0,01 \text{ МПа}$. Температура воздуха в помещении оставалась практически неизменной. Небольшие отклонения температуры воздуха в помещении связаны с тем, что рис. 4 был получен для стационарного режима.

Проведенные всесторонние исследования подтвердили работоспособность системы теплоснабжения с ПВСА. Причем характер изменения параметров в сетевом контуре с ПВСА и электронасосом одинаков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белевич А.И., Крупец А.В., Малафеев В.А. О применении паровых инжекторов в теплоснабжении // ЭСКО (электронный журнал энергосервисной компании «Экологические Системы»). – 2004. – № 1. http://escocosts.narod.ru/2004_1.
2. Рыльцов Н.А., Саловатов Е.Х., Шаманов Н.П. Струйный насос. – патент RU 2116522 F04F5/14, публ. 1998.07.27.
3. Шаманов Н.П., Шаманов Д.Н., Ефремова Г.В. Программа расчета двухфазного пароводяного струйного аппарата с учетом скорости входного потока. Программа для ЭВМ: Свидетво о государственной регистрации № 20106/5977 от 13.09.2010.
4. Кожемякин В.В., Шаманов Д.Н. Особенности работы котельной СПбГМТУ. – Мат-лы регион. Науч.-техн. конфер. с международным участием «Кораблестроительное образование и наука – 2005», СПбГМТУ, 2005, 2 т., с. 73–78.
5. Кожемякин В.В. Согласование характеристик сети теплоснабжения и пароводяного струйного аппарата. – Мат-лы регион. Науч.-техн. конфер. с международным участием «Кораблестроительное образование и наука – 2005», СПбГМТУ, 2005, 2 т., с. 79–84. ■

Перспективы интенсивного освоения добычи минеральных ресурсов на материке и континентальном шельфе, например в Арктике, в сибирском энергетическом районе Тюмени и Оренбурга требуют разрабатывать новые залежи нефти и газа высокого качества. Эти залежи находятся на глубине 3000 м, на которой температура пластовой жидкости достигает 150 °С. Для этих условий необходимы новые технические средства, которые должны приводиться в движение погружными электрическими машинами (ПЭМ), работающими при этой температуре окружающей пластовой жидкости. В настоящее время для привода насосов нефтескважин и буровых установок российской фирмой «Алнас» используются герметичные маслозаполненные ПЭМ с погружением на глубину скважины до 1500 м и температуру пластовой воды до 100 °С, имеющие сложную многоступенчатую гидрозащиту от попадания пластовой воды во внутрь двигателя. Именно от этого он выходит из строя из-за коррозии активных частей и снижения сопротивления изоляции обмотки статора в случае разгерметизации корпуса. Главными недостатками существующих ПЭМ фирмы «Алнас» являются:

- система охлаждения у существующих герметичных маслозаполненных ПЭМ, не предназначенная для работы на глубине 3000 м, из-за высокой температуры пластовой жидкой среды 150 °С (трансформаторное масло работает до 105 °С);

- низкая эксплуатационная надежность гидрозащиты различных конструкций герметичных ПЭМ;

- пониженная надежность обмоточного провода вследствие герметизации ПЭМ с другими высокотемпературными диэлектрическими жидкостями и капсулированием обмотки статора, что приводит к значительному росту температуры обмотки статора выше 200 °С;

- подшипники скольжения, не предназначенные для работы при высоких температурах охлаждающей жидкости;

- отказы гидрозащиты (разгерметизация компенсирующего элемента, износ уплотнений и т.д.), который приводят к проникновению агрессивной и пластовой жидкости в полость ПЭМ и его преждевременному выходу из строя.

Морская вода и пластовые воды по химической активности должны быть адекватны и являются электролитами с ионной электропроводностью. Поэтому в обоих случаях будет происходить в основном электрохимическая коррозия металлов, ибо имеются три условия для ее возникновения: наличие двух и бо-

ПОГРУЖНОЙ АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ ОТКРЫТОГО ИСПОЛНЕНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ТИПА «АМВ НГС» ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН

*В.И. Ветохин, канд. техн. наук, ОАО «Новик»,
v.vetokhin@mail.ru*

лее металлических деталей с различными электродными потенциалами; электролита; плотного электрического контакта между деталями. Однако морская вода и пластовые воды нефтескважин отличаются по химическому составу и водородному показателю рН. Морская вода имеет $pH > 7$, т.е. это щелочная среда, пластовая жидкость имеет $pH < 7$, т.е. это кислая среда. В электрохимическом понимании в первом случае имеем щелочной аккумулятор, во втором случае – кислотный.

Целью работы является создание ПЭМ для работы в указанных условиях, исключив вышеперечисленные недостатки герметичных машин, заполненных диэлектрическими жидкостями.

ХАРАКТЕРИСТИКА АГРЕССИВНОЙ ПЛАСТОВОЙ ЖИДКОЙ СРЕДЫ

Агрессивная жидкая среда нефтескважины имеет следующие основные физико-химические свойства [1]:

- пластовая жидкость – это смесь нефти, попутной воды, минеральных примесей и нефтяного газа;

- содержит катионы Na^+ , Ka^+ , Mg^{2+} и др.; анионы Cl^- ; карбонаты, сульфаты SO_4^{2-} и др.;

- водородный показатель $pH < 7$, кислая среда;

- максимальное содержание сероводорода $H_2S = 1,25$ г/л;

- содержание инородных частиц в виде песка – 1 г/л;

- максимальная плотность жидкости 1400 кг/м³;

- температура окружающей агрессивной жидкости – 150 °С.

Известно, что эти агрессивные жидкости вызывают различные виды коррозий при погружении в них ПЭМ, состоящих из различных металлических деталей. К этим коррозиям относятся: окислительная, питтинговая и электрохимическая, которые зависят от химического состава пластовой жидкости в месте нефтедобычи, в результате чего скорость коррозии активных частей ПЭМ будет меняться. Величина сероводорода H_2S и углекислого газа CO_2 усиливают окис-

лительную коррозию, а сероводород способствует при соединении с водой образованию капель серной кислоты H_2SO_4 , в результате чего будет проявляться питтинговая (точечная) коррозия [1].

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПОГРУЖНЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМ ОТКРЫТОГО ИСПОЛНЕНИЯ, РАБО- ТАЮЩИМ В ЖИДКОЙ АГРЕССИВ- НОЙ СРЕДЕ НЕФТЕСКВАЖИН

Конструкция АМВ НГС должна состоять из гидролитически и диэлектрически стойких материалов к агрессивной пластовой жидкости при взаимном прямом контакте на глубине скважины до 3000 м для заданного ресурса по ТЗ. В соответствии с ТЗ АМВ НГС открытого исполнения должна отвечать следующим главным техническим требованиям [1–3]:

- надежно работать в пластовой жидкости, состоящей из смеси нефти, попутной воды, минеральных примесей и нефтяного газа;

- функционировать до глубины погружения 3000 м при гидростатическом давлении 30 МПа и температуре пластовой жидкости 150 °С.

Основные характеристики конструкции АМВ НГС

Наружный диаметр корпуса, мм 117
Диаметр абсальной трубы, мм 130
Мощность, квт 12–100
Род тока, гц Переменный, 50
Напряжение линейное, в 400–1500–3000
Частота вращения, об/мин 3000
Скорость коррозии, мм/год: активных частей ПЭМ (электротехническая сталь статора и ротора в рабочем зазоре, подшипники, вал, корпус) ...	0,01–0,015
протекторов 0,5–1,0
Ресурс непрерывной работы, ч 10000
Срок службы, лет 10
Рабочее положение – вертикальное, валом вверх для насоса, валом вниз для бурового механизма;	
Направление вращения – реверсивное.	

Диэлектрические характеристики изоляции, обмоточных проводов: удельное объемное электрическое сопротивление $\rho_v = 10^{14}–10^{15}$ Ом·м, диэлектри-

ческая прочность $E = 20-30$ кВ/мм при температуре нагрева обмоточных проводов и изоляции до 200°C [2].

УТОЧНЕНИЕ МЕТОДИКИ ПОВЕРОЧНОГО РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ НАГРУЗОК ПОГРУЖНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ОТКРЫТОГО ИСПОЛНЕНИЯ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН

По электромагнитным нагрузкам погружные машины (ПЭМ) герметичного исполнения, применяемые до настоящего времени фирмами «Алнас» (Россия) и «Потенциал» (Харьков, Украина), отличаются от электромагнитных нагрузок ПЭМ открытого исполнения, что связано с ограничением в них их номинальных значений тока и температуры нагрева трансформаторного масла (не более 105°C). В ПЭМ открытого исполнения внутри полости статора и в зонах подшипниковых узлов, в лобовых частях обмотки статора циркулирует окружающая забортная вода, которая непосредственно за счет теплообмена отбирает тепло с активных внутренних и внешних частей машины. Ток нагрузки таких машин может увеличиваться в $1,5 \div 2$ раза по сравнению с герметичными ПЭМ до насыщения спинки ярма статора. Поэтому в одних и тех же габаритах машины можно снять мощность в $2 \div 3$ раза больше, по сравнению с герметичной ПЭМ, при этом температура обмотки будет равна температуре окружающей воды плюс перепад температуры в изоляции обмоточного провода и пазовой изоляции. Авторами эти вопросы детально изложены в работе [1].

Например, маслозаполненный электродвигатель типа АМП-1,5 (асинхронный масляный погружной), мощность 1,5 кВт, напряжением 220 В, 960 об/мин имеет максимальную индукцию в зазоре $B_\delta = 0,64$ Тл, в ярме $B_{a1} = 1,32$ Тл. На базе сердечника статора АМП-1,5 был изготовлен погружной электродвигатель открытого исполнения, типа АМВ-5 (асинхронная машина Ветехина) мощностью 3 кВт, напряжением 220 В, 1000 об/мин. Максимальные индукции в зазоре $B_\delta = 0,78$ Тл, в ярме $B_{a1} = 1,9$ Тл. Средние значения индукции, определяемые произведением амплитуд индукции на коэффициент полюсной дуги $\alpha = 2/\pi$, составляют: для герметичной ПЭМ $B_\delta = 0,41$ Тл; $B_{a1} = 0,84$ Тл, для открытой ПЭМ $B_\delta = 0,5$ Тл, $B_{a1} = 1,22$ Тл.

Следовательно, закрытая ПЭМ по магнитной нагрузке недогружена по сравнению с открытой ПЭМ. Если плотность тока увеличить в 1,4 раза, то АМВ-5 можно нагрузить до 5 кВт, т.е. увеличить мощность в 1,5 раза при индукциях в зазоре и ярме $B_\delta = 0,5$ Тл и $B_{a1} = 1,9$ Тл [1].

Проведя аналогию ПЭМ для нефтяных насосов с ПЭМ для ВМФ опреде-

лим с учетом высоты спинки ярма индукцию в ярме, а затем в зазоре для открытых ПЭМ нефтяных насосов мощностью 12 кВт, имеющих в длину пакета статора 400 мм.

Герметичные ПЭМ для насосов нефтескважин, применяемых фирмам СКТБПЭ (Харьков), имеют ограниченный наружный диаметр статора. Например, ПЭМ мощностью до 100 кВт, 3000 об/мин имеют малый наружный диаметр статора 105 мм, внутренний диаметр 56 мм, высоту спинки ярма – 11 мм, полюсное деление 88 мм [1, 4].

Принимаем за среднюю величину индукции в ярме $B_{асрх} = 1,95$ Тл.

Для вышеприведенных геометрических размеров имеем:

– площадь сечения зазора

$$Q_\delta = 40 \cdot 8,8 = 352 \text{ см}^2;$$

– площадь сечения статора

$$Q_{1сн} = 40 \cdot 1,1 = 44 \text{ см}^2;$$

– магнитный поток в спинке статора

$$\Phi_{1н} = B_{аср} \cdot 2Q_{1сн} \cdot 10^{-4} = 0,0172 \text{ Вб},$$

где (2) – магнитный поток раздваивается на две площади спинки;

– магнитный поток в зазоре

$$\Phi_{2н} = K_1 \cdot \Phi_{1н} = 0,96 \cdot 0,0172 = 0,0165;$$

– средняя индукция в зазоре

$$B_\delta = \Phi_{2н} \cdot 10^4 / Q_\delta = 0,0165 \cdot 10^4 / 352 = 0,47 \text{ Тл};$$

– амплитуда индукции в зазоре

$$B_{\delta\text{max}} = B_\delta \cdot \pi / \tau = 0,47 \cdot 3,14 / 2 = 0,74 \text{ Тл}.$$

Для больших мощностей необходимо применить многопакетные статоры и роторы; ПЭМ в этом случае имеет n магнитных пакетов и $(n-1)$ немагнитных условных пакетов, в которых устанавливаются промежуточные опорные подшипники. Поэтому кривая индукции в зазоре будет по амплитуде уменьшаться предположительно на величину отношения суммы длин немагнитных пакетов к сумме длин магнитных пакетов. Допустим, имеем 10 магнитных пакетов и 9 немагнитных пакетов, определим индукцию в зазоре. Имеем:

– длина магнитного пакета – 40 см;

– суммарная длина магнитных пакетов – 400 см;

– длина немагнитного пакета – 4 см;

– длина немагнитных пакетов – 36 см.

Коэффициент увеличения эквивалентного зазора

$$\Delta L = L_{нн} / L_{мн} = 36 / 400 = 0,09 \text{ или}$$

$K_\delta = 1,09$. Во столько раз уменьшится величина амплитуды индукции в зазоре, и тогда будем иметь

$$B'_{\delta\text{max}} = B_{\delta\text{max}} / 1,09 = 0,74 / 1,09 = 0,68 \text{ Тл}.$$

Средняя индукция в зазоре

$$B_{\delta\text{ср}} = 0,68 \cdot 2/\pi = 0,68 \cdot 2/3,14 = 0,43 \text{ Тл}.$$

Для герметичных ПЭМ насосов нефтескважин в настоящий момент принимают $B_\delta = 0,32$ Тл. При этой индукции магнитный поток в зазоре

$$\Phi_{1н} = B_{\delta\text{ср}} \cdot Q_\delta \cdot 10^{-4} = 0,32 \cdot 352 \cdot 10^{-4} = 0,0113 \text{ Вб};$$

магнитный поток в статоре

$$\Phi_{2н} = \Phi_{1н} / K_1 = 0,0113 / 0,96 = 0,0118 \text{ Вб};$$

магнитная индукция в спинке

$$B_{сн} = (\Phi_{1н} / 2Q_{сн1}) \cdot 10^4 = (0,0118 / 2 \cdot 44) \cdot 10^4 = 1,34 \text{ Тл}.$$

Для открытых ПЭД $B_{сн} = 1,95$ Тл.

В магнитном отношении машину не догружаем в $1,95/1,34 = 1,46$ раз, т. е. в 1,5 раза. Таким образом, при расчете погружных электрических машин открытого исполнения для насосов нефтескважин брать в расчетах среднюю индукцию в зазоре в пределах $B_\delta = (0,43 \div 0,47)$ Тл, где нижний предел для многопакетных статоров и роторов ПЭМ, верхний предел для однопакетных ПЭМ.

КОНСТРУКЦИЯ АМВ НГС ОТКРЫТОГО ИСПОЛНЕНИЯ

По методикам [1] выполнен электромагнитный расчет геометрических размеров статора и ротора, подшипников, обмотки и других главных узлов погружного однопакетного электродвигателя для нефтескважин открытого исполнения с учетом вышеприведенных уточнений методики расчета электромагнитных нагрузок. На основании этих расчетных данных автором разработана конструкция двигателя открытого исполнения для нефтескважин в целом типа АМВ НГС (Асинхронная машина Ветехина для нефтегазовых скважин) с охлаждением всех активных частей машины агрессивной окружающей пластовой жидкостью при температуре 150°C и гидростатическом давлении 30 МПа [1].

На чертеже (рис.1) в продольном разрезе представлен однопакетный погружной асинхронный электродвигатель АМВ НГС открытого исполнения с короткозамкнутым ротором для насоса мощностью 12 кВт, напряжением 400 В, частотой вращения 3000 об/мин, где по позициям обозначено:

СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ АМВ НГС

Для ПЭМ, имеющих большую длину (до 6 м) и многопакетные статоры и роторы, для более эффективного охлаждения внутренних частей машины и выравнивание их температур по всей длине вход и выход окружающей пластовой воды предлагается выполнить в виде гидравлических отверстий семи групп, чередующихся вдоль корпуса. Например, для насоса (рис. 1) первая группа (поз. 14) служит для входа воды в полость нижнего подшипника для охлаждения скользящих поверхностей; вторая 15 и третья 16 группы предназначены для подачи воды с двух сторон на лобовые части и пазы обмотки статора, а также к каналам между корпусом и пакетами статора и немагнитному рабочему зазору, по которому винтоканавочный ротор прогоняет охлаждающую пластовую воду. Четвертая группа 17 и пятая группа 18 служат для выхода нагретой воды из области лобовых частей обмот-

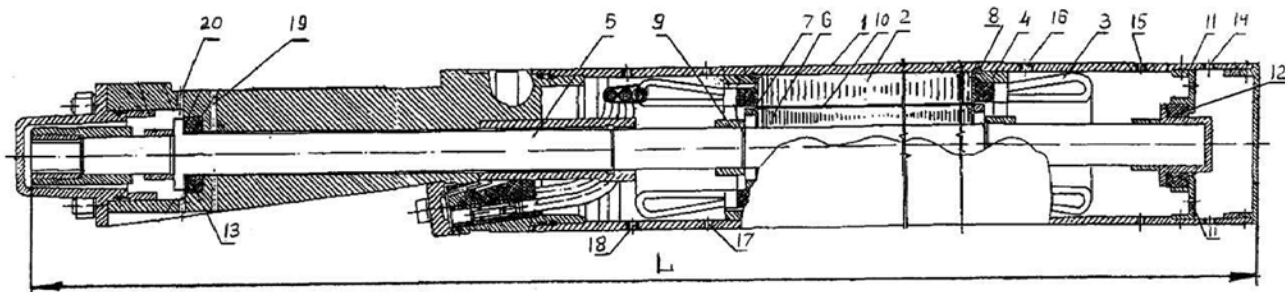


Рис. 1. Продольный разрез АМВ НГС

1 – корпус из нержавеющей стали 12Х18Н10Т; 2 – пакет железа статора; 3 – обмотка статора; 4 – протекторные кольца из сплава МЛ4; 5 – вал сплошной из стали 20Х13; 6 – винтоканавочный ротор; 8 – крепление статора под шпонку; 9 – протекторная втулка из сплава МЛ4; 10 – зазор между статором и ротором; 11 – подшипниковый щит из стали 12Х18Н10Т; 12 – вкладыши из порошкового материала не приводного конца вала; 13 – вкладыши из порошкового материала приводного конца вала; 14–16 – симметричные отверстия для входа пластовой охлаждающей воды; 17, 18 – симметричные отверстия для выхода пластовой охлаждающей воды; 19, 20 – симметричные отверстия для входа и выхода пластовой охлаждающей воды на упорно-опорный подшипник скольжения соответственно.

ки статора, пазов, канала между корпусом и статором и немагнитного рабочего зазора за корпус во внешнюю среду; шестая группа 19 предназначена для подачи пластовой воды на охлаждение верхнего опорно-упорного подшипника; седьмая группа 20 – для выхода нагретой воды из области подшипника за корпус во внешнюю среду. Для исключения встречных потоков воды внутри машины отверстия в корпусе располагаются равномерно по окружности и сдвинуты по радиусу к центру сечения на одинаковый угол β , а каждая группа по отношению к другой сдвинута на угол $\beta/2$ и чередуются между собой вдоль корпуса [5]. В длинных машинах между корпусом и пакетами статора имеются три осевых канала для увеличения теплообмена. Каналы изготавливаются полусферической формы в пакетах статора диаметром (3–5) мм, сдвинутых в пространстве на 120° . Уменьшение внешней поверхности пакетов статора при этом составит не более 4%.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА АМВ НГС

Металл или сплав, находящийся в конструкции ПЭМ с более высоким электродным потенциалом, в контактной паре будет являться катодом, с более низким – анодом. Анод подвергается электрохимической коррозии, т.е. растворяется в воде, а катод будет находиться в исходном состоянии. Ставится задача с тем, чтобы все активные части ПЭМ были в катодном состоянии. Для этого необходимо в конструкцию машины добавить детали из металла или сплава с более низким электродным потенциалом, который будет нести анодные свойства или выполнять функции протектора. Для данной конструкции АМВ НГС в качестве такого материала протектора выбран магниевый сплав марки МЛ4. По конструкции протекторные конструктивные элементы приняты к использованию в АМВ НГС ротора в виде дисков, статора и корпуса в

виде колец [1, 6]. Диаметры протекторов корпуса и статора имеют одинаковые размеры, диаметры дисков равняются диаметру ротора. При разработке конструкции протекторных колец и дисков необходимо исходить из максимальной скорости коррозии протекторов с тем, чтобы обеспечить минимальную скорость коррозии активных частей электродвигателя или приостановить её в течение заданного срока службы.

Исходные данные:

$\Pi = 0,5$ мм/год – максимальная скорость коррозии протектора;

$T = 10$ лет – срок службы.

По скорости коррозии длины втулок – протекторов и колец – протекторов вполне с избытком удовлетворяют условию.

$$l_{\text{пр}} = (0,05 - 0,1)l_1,$$

где $l_{\text{пр}}$ – длина протекторов в осевом направлении; l_1 – длина пакетов статора или ротора.

В связи с этим необходимо обеспечить надежность протекторов по толщине (глубине). Из вышеприведенных данных толщина протектора

$$h_{\text{пр}} = \Pi \cdot T = 0,5 \cdot 10 = 5 \text{ мм.}$$

С учетом скорости движения жидкости и глубины погружения [1] толщина протектора равна

$$h'_{\text{пр}} = h_{\text{пр}} \mu_v \mu_{\text{гк}} = 5 \cdot 1,5 \cdot 1,2 = 9 \text{ мм,}$$

где $\mu_v = 1,5$ – коэффициент роста скорости коррозии от скорости движения жидкого электролита внутри ПЭД; $\mu_{\text{гк}} = 1,2$ – коэффициент роста скорости коррозии от глубины погружения.

С учетом коэффициента запаса берем толщину (глубину) протектора, равной 10 мм.

В конструкции АМВ НГС необходимо установить в общей сложности восемь протекторов, а именно: два внутри корпуса, два на пакете стали статора, двана пакете стали ротора, два на подшипниковых узлах (см. рис. 1, рис. 2).

Разработанная асинхронная машина АМВ НГС (рис. 2), содержит корпус 1, в котором размещены пакеты статора 2 с протяжной обмоткой 3 из обмоточного провода с полиимидно-фторопластовой изоляцией, например марки ППИ или ППИ-У [1, 2]. На монолитном валу 6 размещены пакеты 7 ротора, имеющего короткозамкнутую обмотку из стержней 8 и короткозамкнутых колец 9. Между пакетами ротора и статора имеется немагнитный рабочий зазор 5, по которому проходит охлаждающая пластовая агрессивная вода, обладающая свойствами электролита. Статор имеет протекторную защиту от контактной коррозии пакета 2 сердечника в виде колец 4, например, из МЛ4. Ротор имеет протекторную защиту от контактной коррозии пакета сердечника ротора 7 в виде дисков 10 из того же сплава.

Разработанная машина имеет большую длину и многопакетные статор и ротор, поэтому электрохимическую защиту от контактной коррозии всех поверхностей пакетов статора и ротора в немагнитном рабочем зазоре двумя протекторами, размещенными вплотную к крайним торцевым пакетам статора и ротора, по всей длине зазора эффективно осуществить не возможно, как в электродвигателе [5].

Крайние пакеты статора и ротора будут защищены, так как в данном случае

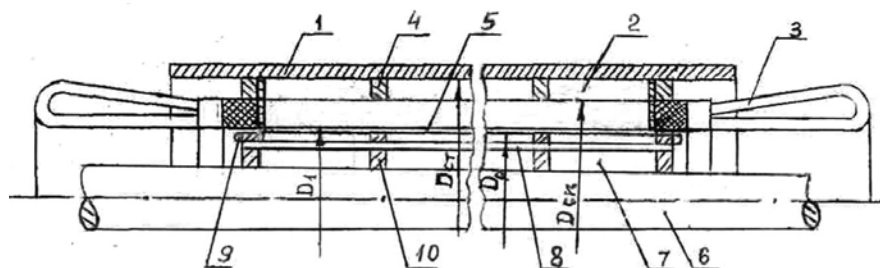


Рис. 2. Продольный разрез АМВ НГС

гальванический ток протекает по наименьшему объемному омическому сопротивлению по цепи от катода (пакета статора) 2 к аноду (протектору из магниевого сплава) 4, выходит из анода 4 в пластовую воду – электролит 5, проходит по нему и входит в катод (пакет статора) 2. Анод 4 в этом случае будет отдавать положительные атомы в воду 5 (выход анодного тока), а значит, будет с течением времени разрушаться (корродировать), а на катоде 2 будут ассимилироваться оставшиеся в металлах избыточные электроны и отрицательные ионы раствора – пластовой воды (вход анодного тока) и катод или пакет статора 2 будет находиться в исходном состоянии.

Продукты коррозии протектора будут удаляться движущейся водой-электролитом в окружающую среду. В центральной части немагнитного зазора влияние протекторов на защиту от коррозии пакетов стали статора и ротора из-за удаленности и увеличения объемного электрического сопротивления для прохождения анодного тока от центральных пакетов стали статора и ротора к протекторам резко уменьшается. Будут действовать другие гальванические цепи, а именно: гальванический ток будет протекать по цепи от катода (медь короткозамкнутой обмотки ротора) 8 к аноду (пакет стали ротора) 7 выходит из анода в воду-электролит 5, проходит по нему и входит в катод – медь ротора 8. Из этого следует, что сталь ротора 7 и статора 2 несут анодные свойства – выход анодного тока, будут корродировать и уменьшаться в размерах, а медь обмотки ротора 8 будет нести катодные свойства – вход анодного тока, не будет подвергаться коррозии и будет находиться в исходном состоянии.

В итоге при работе электродвигателя с течением времени будет происходить неравномерная коррозия пакетов статора 2 и ротора 7 в немагнитном зазоре, которая будет увеличивать толщину зазора 5, а следовательно, будут уменьшаться энергетические показатели машины.

Для соблюдения симметрии гальванических цепей в машине, при которой коррозия пакетов статора 2 и ротора 7 будет приостановлена (см. рис. 2) необходимо установить на торцевых пакетах и между всеми центральными пакетами стали статора 2 протекторные кольца 4, а на торцевых пакетах и между центральными пакетами железа ротора 7 протекторные диски 10. Для устранения влияния торцов корпуса на гальванические пары и цепи статора и ротора необходимо запрессовать в торцы корпуса протекторные кольца из того же сплава и с размерами колец статора (на рис. 2 не показаны).

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ УПОРНО-ОПОРНЫЙ ПОДШИПНИК СКОЛЬЖЕНИЯ НА ПРИВОДНОМ КОНЦЕ ВАЛА АМВ НГС

Для повышения надежности, живучести и срока службы АМВ НГС вертикального исполнения валом вверх для насосов, валом вниз для механизма бурения на глубину погружения до 3000 м и температуру пластовой воды до 150°C с учетом работ [1,7] автором разработан универсальный высоконагруженный упорно-опорный малогабаритный подшипник скольжения со стороны приводного конца вала с вкладышами из порошковых материалов, воспринимающего основную упорную нагрузку от насоса или бурового механизма.

На рис. 3 изображен подшипниковый узел со стороны приводного конца вала, который включает в себя вал 2 с упорным буртиком 3, имеющим упорные термообработанные скользящие поверхности 4 и 11 с точностью обработки шлифовкой до 7–10 класса чистоты. Перпендикулярно на валу имеются опорные термообработанные скользящие поверхности 5 и 12 с той же обработкой поверхностей как у буртика. Для привода насоса, когда электродвигатель располагается валом вверх, в корпус 1 запрессован втуговую вкладыш 6 из порошкового материала марки Бр05Н2С5Гр1ДМ1, который также имеет упорную 4 и опорную 5 скользящие поверхности. Для охлаждения скользящих поверхностей имеется свободный зазор 7, через который поступает пластовая вода из полости АМВ НГС. Для привода бурового механизма, когда электродвигатель располагается валом вниз, то с другой стороны буртика для упора от веса ротора в корпус 1 двигателя устанавливается подшипниковый щит 8 из антикоррозионной нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т. Щит имеет углубление в виде цилиндра для за-

прессовки вкладыша. Крепление подшипникового щита осуществляется симметрично расположенными в корпусе 1 винтами 9 диаметром М6-М8 из высокопрочной термообработанной нержавеющей стали марки 40Х13. В углубление подшипникового щита 8 запрессовывается втуговую вкладыш 10 из высокоплотного антифрикционного и антикоррозионного порошкового материала, который имеет упорную 11 и опорную 12 скользящие поверхности. В полость АМВ НГС в области подшипникового узла вода из окружающей среды поступает через симметрично расположенные отверстия 13 в корпусе 1, а через отверстия 14 нагретая вода выходит из полости машины. По окружности отверстия 13 и 14 равномерно размещены под углом β относительно друг друга, отверстия одной группы 13 смещены на угол $\beta/2$ относительно другой группы 14 с целью улучшения водообмена и для сохранения механической прочности корпуса. Выбирают по 6 отверстий в каждой группе диаметром по 5 мм каждое при диаметре корпуса до 150 мм. Для охлаждения скользящих пар подшипника вода из полости двигателя через свободные зазоры 7, 15, 16, 17 между корпусом 1 и валом 2 поступает для охлаждения непосредственно на скользящие поверхности подшипника. Для протекторной защиты от электрохимической коррозии подшипникового узла и вала на вал 2 напрессована втуговую протекторная втулка 18, а корпуса 1 во внутрь его запрессовано кольцо 19 из магниевого сплава марки МЛ4, имеющих плотный электрический контакт с корпусом 1 и валом 2. Вкладыши 6 рис. 1 и 10 рис. 2 из высокоплотного порошкового антифрикционного материала Бр05Н2С5Гр1ДМ1 могут нести удельную нагрузку до 120 кгс/см² в аксиальном и радиальном направлениях при температуре до 300°C. Поверхно-

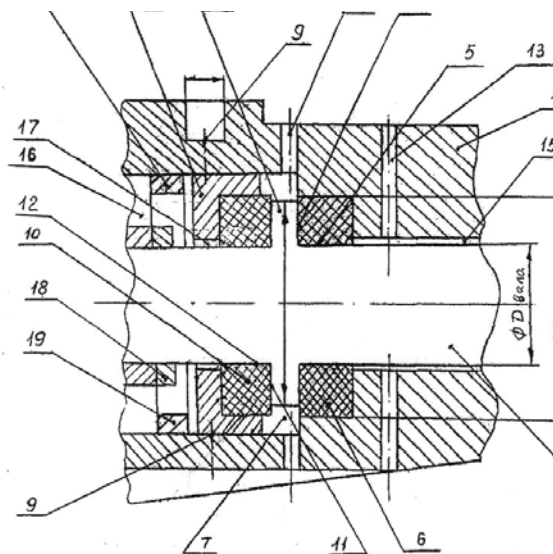


Рис.3. Подшипниковый узел со стороны приводного конца вала

сти вкладышей должны иметь грубую, токарную обработку, необходимо только соблюсти зазор между скользящими поверхностями с учетом температуры нагрева окружающей пластовой воды до 200°C и с учетом разбега ротора, с тем, чтобы не затормозился ротор во время работы. Рабочий зазор скользящей пары должен быть – ходовой (60÷80 мк) для диаметра вала до 60 мм. Относительная плотность материала вкладыша составляет (96–99)%, которая позволяет обеспечить низкий коэффициент трения, равного $f_t=0,04$ в пластовой воде. Для улучшения охлаждения скользящей пары и удаления образовавшихся частиц вкладыши 6 и 10 имеют осевые канавки на опорной поверхности и шлицы на упорной поверхности, как продолжение канавок. Геометрические размеры канавок по диаметру 5–6 мм, конфигурация по сечению – полуокружность.

Вал ротора должен быть сплошным для усиления жесткости при скручивании во время работы. Охлаждение его обеспечивается с помощью теплопередачи в окружающую воду и ввиду большой теплопроводности материала вала, он практически нагреется на (1–2)°C выше, чем вода в зазоре между статором и ротором.

ОПОРНО-УПОРНЫЙ ПОДШИПНИК СКОЛЬЖЕНИЯ НА НЕПРИВОДНОМ КОНЦЕ ВАЛА АМВ НГС

Для повышения энергетических характеристик АМВ НГС при отклонении вала ротора от вертикальной оси до 80 на глубине погружения 3000 м автором разработан опорно-упорный подшипник скольжения на неприводном конце вала с вкладышем из порошковых материалов, обеспечивающий соосность ротора с расточкой статора и постоянство толщины зазора между ротором и статором [1,7].

На рис. 3 поз. 11 и 12 изображен подшипниковый узел со стороны неприводного конца вала, который содержит корпус, закрытый крышкой, закрепленной симметрично расположенными винтами с потайной головкой с внешней стороны корпуса. В корпус вставлен под замки подшипниковый щит, закрепленный с внешней стороны симметрично расположенными друг относительно друга (6–10) винтами с резьбой М 6 и потайной головкой. На конец вала 5 напрессован горячей посадкой упорный стакан из термообработанной нержавеющей стали марки 20Х13, который по аналогии с предыдущим подшипником имеет буртик с упорной скользящей и опорной радиальной скользящей поверхностями. В цилиндрическое углубление подшипникового щита запрессован втулку такой же вкладыш из высокоплотного ан-

тифрикционного порошкового материала, который является неподвижной скользящей частью подшипника, который также имеет упорную (осевую) и опорную (радиальную) скользящие поверхности. Остальные конструктивные особенности, обработка скользящих поверхностей, охлаждение и протекторная защита аналогичны предыдущему упорно-опорному подшипнику, описанному выше. Главное назначение опорно-упорного подшипника скольжения заключается в поддержании вала с ротором в исходном положении при отклонении оси машины до 80° при работе на глубине 3000 м с тем, чтобы обеспечить неизменность толщины рабочего зазора между статором и ротором на полный срок службы машины. Постоянство величины немагнитного зазора даст нам постоянство энергетических характеристик АМВ НГС.

ВЫВОДЫ

1. Открытое исполнение погружного электродвигателя для насосов и буровых механизмов позволит снизить его массу как минимум в два раза при одинаковой мощности за счет исключения из конструкции многоступенчатой гидрозащиты, диэлектрической жидкости и системы компенсации, а также за счет повышения средней магнитной индукции в немагнитном зазоре между статором и ротором от 0,32 Тл для герметичных ПЭМ до 0,43–0,47 Тл для ПЭМ открытого исполнения.

2. При бурении скважины до глубины 3000 м, на которой температура окружающей пластовой воды 150°C, эффективное охлаждение внутренних активных частей машины максимально обеспечивают каналы между корпусом и статором и предлагаемой системой чередующихся групп входных и выходных симметричных отверстий по длине корпуса, сдвинутых по радиусу сечения на одинаковый угол, а отверстий последующей группы – на половину угла по отношению к предыдущей группе с целью максимально избежать встречных потоков окружающей пластовой воды. Это позволит уравнивать и снизить температуру во всех зонах внутри двигателя, а это значит повысить надежность работы системы изоляции обмоточных проводов и опорно-упорных подшипников скольжения.

3. Исключение контактной коррозии поверхностей электротехнической стали расточки статора и бочки ротора в немагнитном зазоре с помощью протекторных колец и протекторных дисков, размещенных между пакетами статора и ротора, позволит значительно повысить живучесть, надежность, долговечность и энергетические характеристики разработанной АМВ НГС.

4. Данное техническое решение позволит значительно качественно улучшить надежность, работоспособность и повысить срок службы АМВ НГС на глубине погружения до 3000 м за счет применения универсального малогабаритного высоконагруженного упорно-опорного подшипника со стороны приводного конца вала для работы в качестве привода насоса валом вверх и в качестве механизма бурения валом вниз, причем при значительном отклонении от вертикальной оси машины до 80°.

5. Разработанный опорно-упорный подшипник скольжения позволит с высокой надежностью работать электродвигателю АМВ НГС в качестве привода насоса и бурового механизма в нефтегазовых скважинах при любых отклонениях вала ротора от вертикальной оси. Опорная скользящая поверхность вкладыша обеспечит соосность ротора по отношению к расточке статора и постоянство рабочего зазора между статором и ротором, в итоге обеспечится постоянство энергетических характеристик и КПД двигателя, повысится надежность и срок службы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ветохин В.И.* Новое поколение электрических машин для работы в жидких агрессивных средах и электроприводах подводных объектов. – Изд. 2-е, перераб. и исправ. – СПб. – М.: Полтораки, 2010.
2. *Ветохин В.И.* К вопросу о создании и развитии будущего подводного электроснабжения при освоении континентального шельфа и Мирового океана // *Электротехника*. – 2010. – №8. – С.15–21.
3. *Он же.* Погружной электродвигатель нового поколения типа АМВ-5 // *Электротехника*. – 2010. – №9. – С.24–30.
4. *Ветохин В.И., Агафонов В.В.* Уточнение методики поверочного расчета электромагнитных нагрузок погружных электродвигателей (ПЭД) открытого исполнения для нефтегазовой отрасли // *Проблемы повышения эффективности электромеханических преобразователей в электроэнергетических системах: Мат-лы Международ. науч.-техн. конфер.* – Севастополь, 2009, 21–25 сентября, с. 26–28.
5. Патент №2072609 РФ. Электрическая машина Ветохина ЭМВ / В.И. Ветохин // Б.И., 1997. №3.
6. Пат. №1813228 СССР. Электрическая машина Ветохина ЭМВ / В.И. Ветохин // Б.И., 1993. №16.
7. Пат. №1833703, СССР. Электрическая машина Ветохина ЭМВ / В.И. Ветохин // Б.И., 1989. №3. ■

Рецензенты:

А.П. Сеньков, д-р техн. наук, проф.,
Б.Ф. Дмитриев, д-р техн. наук, проф.,
СПбГМТУ

На стадии исследовательского проектирования перспективных надводных кораблей возникают задачи выбора наиболее предпочтительных вариантов двигателей для главных энергетических установок (ГЭУ). Если в недалеком прошлом при выборе типа и состава главных двигателей можно было ограничиться узким кругом ведущих мировых производителей таких двигателей, то сейчас эта задача усложняется. Обусловлено это стремительным развитием транспортной энергетики в последние десятилетия и существенным расширением круга производителей, а также тем, что основные характеристики главных двигателей, такие как агрегатная мощность, экономичность, ресурс до переборки и списания, претерпели значительные качественные изменения. Например, если раньше использование высокооборотных дизелей в связи с относительно невысокой агрегатной мощностью и малым ресурсом ограничивалось лишь катерами и кораблями небольшого водоизмещения, то сейчас их агрегатная мощность приблизилась к 10 МВт, а ресурс до списания может составлять 100 000 ч и более. Это обстоятельство позволяет использовать их даже в качестве маршевых двигателей на кораблях большого водоизмещения, вплоть до эскадренных миноносцев.

Большинство кораблей ВМС Сирийской Арабской Республики (САР) было построено еще в Советском Союзе. В настоящее время руководство ВМС САР исходит из приверженности к российским производителям при закупке перспективных кораблей, но при условии оснащения их оборудованием, в частности главными двигателями, отвечающим последним достижениям в энергомашиностроении. Поэтому исследования в области анализа современного состояния и перспектив развития двигателей, потенциально приспособленных к использованию в качестве главных и вспомогательных для корабельных энергетических установок, являются важными и актуальными.

Основными типами корабельных двигателей, устанавливаемых на кораблях относительно небольшого водоизмещения, являются газотурбинные (ГТД) и двигатели внутреннего сгорания (ДВС).

В настоящее время основными фирмами, производящими корабельные ГТД, являются «General Electric» (США), «Rolls Royce» (Великобритания), НПО «Зоря» (Украина), «Avco Lycoming» (США), «Pratt & Whitney» (США). В России ведущая фирма в этой области – НПО «Сатурн», где

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ГЛАВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАДВОДНЫХ КОРАБЛЕЙ

В.В. Барановский, *д-р техн. наук, проф.*,
Саад Еддин Али, *адъюнкт, ВУНЦ ВМФ «ВМА»*,
контакт. тел. (812) 431 9435

освоено производство корабельных ГТД типа «M75РУ» и «M70ФР», а также продолжается разработка совместно с НПО «Зоря» ГТД типа «M90ФР».

Основными направлениями развития и совершенствования корабельных ГТД являются повышение начальной температуры газа и повышение ресурса двигателей. Уже в середине 70-х гг. ведущие фирмы достаточно прочно вышли на уровень температуры газа 1000 – 1100 °С, обеспечивающей экономичность ГТД на номинальном режиме в диапазоне 245 – 258 г/кВт·ч.

С начала 90-х гг. по настоящее время освоенным уровнем начальной температуры газа считается диапазон 1250 – 1390 °С, что позволило достичь удельного расхода топлива 195 – 220 г/кВт·ч. Обеспечение такой высокой температуры газа потребовало введения развитого воздушного охлаждения сопловых и рабочих лопаток одной или двух ступеней турбин, применения многослойных теплозащитных покрытий, керамических материалов при изготовлении сопловых аппаратов турбин.

Другие направления реализации возможностей совершенствования характеристик ГТД – утилизация тепла уходящих газов и создание ГТД сложного цикла. По этим направлениям проводились работы по заказу командования кораблестроения и вооружения ВМС США. Это программы создания ГЭУ для эскадренного миноносца типа «Arleigh Burke»:

1) RACER (Rankin Cycle Energy Recovery) – на базе ГТД LM2500 с теплоутилизационным контуром (ТУК) (ГЭУ типа COSAG);

2) ICR (Inter Cooling Regeneration) – на базе ГТД Spey SM1A, работающего по сложному циклу с применением промежуточного охлаждения при сжатии и его подогрева перед камерой сгорания в регенераторе за счет тепла уходящих газов.

Программа RACER была утверждена в 1977 г., первый этап которой завершился в 1980 г. и подтвердилась целесообразность применения ГТЭУ

с ТУК. Однако к началу строительства головного корабля серии «Arleigh Burke» программа не была завершена, и, кроме того, выяснилось, что такая система сложна и дорога в эксплуатации и имеет преимущества только при длительном использовании установки на повышенных режимах.

Программа ICR была утверждена в конце 80-х гг. По заказу ВМС США американские фирмы «Allison» и «Garrett» в сотрудничестве с английской фирмой «Rolls-Royce» начали исследования по созданию установки на основе ГТД Spey SM1C сложного термодинамического цикла. Результаты первых исследований показали, что КПД ГТД сложного цикла может достигнуть 43%, т.е. вплотную приблизится к КПД ДВС (45%).

Одним из ключевых элементов программы явилось создание ГТД WR-21 с промежуточным охлаждением и регенерацией тепла уходящих газов, который должен обеспечить 30%-ную экономию топлива на корабле.

К настоящему времени фирмами «Westinghouse Marine Division», «Rolls-Royce», «Allied-Signal» и «CAE Electronics» завершена разработка корабельного двигателя WR-21 по схеме 1CR на базе узлов семейства авиационных с эффективным КПД двигателя более 42% на режиме 30% максимальной мощности. Указанные двигатели устанавливаются на эскадренные миноносцы ВМС Великобритании пр. 45.

Сегодня стационарная энергетика и авиационные ГТД стоят на пороге освоения уровня температуры 1500 – 1600 °С. Это означает, что корабельные ГТД имеют значительный задел для своего дальнейшего развития и совершенствования.

Кроме ГТД, в настоящее время на надводных кораблях также получили широкое распространение дизели в качестве главных и вспомогательных двигателей. Популярность использования дизельного привода объясняется такими его достоинствами, как высокая готовность к действию, маневренность, топливная экономичность,

компактность, незначительная чувствительность к параметрам окружающей среды, к разряжению на всасывании и противодавлению на выпуске, относительно высокая долговечность, простота обслуживания.

В качестве главных двигателей дизели устанавливаются на корабли многих классов: фрегаты, корветы, десантные корабли, корабли противоминной обороны, ракетные катера, патрульные катера и патрульные корабли.

Для удовлетворения потребностей современного военного кора-

блестроения в дизельных двигателях ориентированы 12 основных зарубежных дизелестроительных фирм: «MTU» и «MAN» (Германия), «SEMT Pielstick» (Франция), «GMT» и «SPA» (Италия), «Wartsila» (Финляндия), «Shanghai» (Китай), «Zyltser» (Швейцария), «Mitsubishi» (Япония), «SWD» (Нидерланды), «Caterpillar» (США), «Paxman-Valenta» (Англия). Основными российскими производителями дизелей в качестве главных двигателей кораблей являются Коломенский завод и завод «Звезда». Основные характеристики дизелей веду-

щих мировых фирм представлены в табл. 1 и 2.

Анализ характеристик, представленных в указанных таблицах, свидетельствует о том, что наибольшее распространение на надводных кораблях получили легкие быстроходные высокооборотные дизели (ВОД) с удельной массой 1,4–2,5 кг/кВт и дизели повышенной оборотности (ПОД) с удельной массой 4,7–7,3 кг/кВт. Среди ДВС, используемых на кораблях класса «фрегат», по объемам поставок лидирующее место занимают дизели фирм «MTU»

Таблица 1

Основные характеристики ДВС ведущих фирм

Фирма	Марка дизеля		D/S, см/см	N _e , кВт	n, мин ⁻¹	g _e , кг/(кВт·ч)	γ, кг/кВт	p _e , МПа
«MTU»	20V1163TB93		23/28	7400	1300	0,220	2,82	2,90
	20V1163TB92		23/28	5200	1300	0,215	4,05	2,04
	12V1163TB73		23/28	3240	1200	0,215	4,34	2,29
	20V956TB92		23/23	4900	1500	0,211	3,32	2,09
	16V956TB92		19/21	4320	1800	0,220	3,0	2,90
	16V956TB92		23/23	3920	1500	0,211	3,50	2,09
	20V538TB92		18,5/20	3750	1900	0,220	2,32	2,69
	16V538TB93		18,5/20	3300	1900	0,220	2,01	2,69
	16V538TB92		18,5/20	3000	1900	0,220	2,23	2,45
«SEMT-Pielstick»	20PA6	V280	24/22,1	6470	1050	0,200	5,9	2,46
	18PA6	V280BTC	28/29	7800	1050	0,230	3,96	2,83
	16PA6	V280BTC	28/29	6470	1050	0,230	3,96	2,64
	18PA6	V280	28/29	6470	1000	0,214	4,95	2,46
	16PA6	V280	28/29	5750	1000	0,214	4,95	2,46
	16PC2	5V400	40/46	6250	520	0,194	13,4	1,59
«GMT»	BL230-20DVM		23/31	4630	1050	0,220	6,12	2,10
	B230-20DVM		23/27	3680	1200	0,220	5,39	1,67
«Paxman-Valenta»	18RP200CM		19,7/21,6	3230	1600	0,238	2,99	2,08
«GM»	12-645E7		23/25,4	1600	900	-	-	-
	16-645E7		23/25,4	2140	900	-	-	-
	20-645E7		23/25,4	2680	900	-	-	-
«Wartsila»	16V22HF		22/24	2800	1200	0,205	7,29	2,14
	16V25		25/30	3680	1000	0,205	6,00	2,08
«SAKM»	20AG-240		24/22,1	8000	1350	0,230	2,04	-

Таблица 2

Основные характеристики дизелей производства в РФ

Марка дизеля, условное обозначение	Изготовитель	Мощность, л.с. (кВт)	Частота вращения, мин ⁻¹	Удельная масса, кг/кВт	Уд. расход топлива, г/кВт·ч	Назнач. ресурс до переборки, ч	Компоновка	Степень освоения
M504Б 56ЧН16/17	«Звезда»	5000 (3700)	2000	1,95	232	3500	*	В серии
M507А 2x56ЧН16/17	«Звезда»	10000 (7400)	2000	2,31	234	3500	*	
21-СВН 20ЧН21/21	«Турбомоторный завод»	5500 (4044)	1500	2,99	212	8000	V	Техн. предл.
26-СВН 20ЧН26/26	«Турбомоторный завод»	8000 (5890)	1000 ÷ 1200	4,5	210	8000	V	Техн. предл.
10Д49 16ЧН26/26	«Коломенский завод»	5200 (3825)	1000	6,53	211	10000	V	ОКР
16Д49 16ЧН26/26	«Коломенский завод»	6000 (4412)	1100	5,89	215	15000	V	ОКР

(Германия) – 32,6% и «Semt-Pielstick» (Франция) – 29,2%.

Совершенствование характеристик ДВС за последние более чем три десятилетия происходило по следующим основным направлениям:

– увеличение среднего эффективного давления p_e . За рассматриваемый период этот показатель вырос в 2,5–3 раза (до 30 кг/см²);

– увеличение средней скорости хода поршня c_m , которая выросла на 20–30% и диаметра цилиндров D_c – на 25–40%;

– увеличение ресурса двигателей, одновременно с ростом качественных показателей степени их совершенства. Значительно увеличился ресурс ДВС до заводского ремонта и до переборки. Эти показатели выросли в 2–3 раза за счет применения новых конструктивных материалов с более высокими механическими свойствами и внедрения прогрессивных технологий изготовления и обработки деталей;

– повышение топливной экономичности ДВС. Здесь также достигнут значительный прогресс за счет организации рабочего процесса и совершенствования топливной аппаратуры. Удельный расход топлива сократился приблизительно на 10%, достигнув значений 197 г/кВт·ч для ПОД и 209 г/кВт·ч для ВОД;

– увеличение агрегатной мощности ДВС за счет увеличения параметров рабочего процесса.

Еще в середине 1980-х гг. фирмами «MTU» и «Semt-Pielstick» были созданы высокофорсированные дизели нового поколения (см. табл. 2) мощностью до 7400 кВт («MTU») и 7800 кВт («Semt-Pielstick»),

Двигатели 20V1163TB93 («MTU») и 18PA6-V280BTC («Semt-Pielstick») обладают наибольшими в мировой практике индексами форсировки (произведением средней скорости поршня и среднего эффективного давления на режиме максимальной мощности) – 364 и 294 ед. соответственно. Индексы форсировки наиболее мощных российских корабельных дизелей типа 86Д – 5880 кВт и М504 – 3700 кВт составляют 71,4 и 141,6 ед. соответственно.

Проведенный анализ развития основных параметров корабельных дизелей показывает, что возможности по-

вышения эффективности дизельного привода еще не исчерпаны. Прогресс в дизелестроении связан с дальнейшим повышением энергетического потенциала (среднего эффективного давления), снижением габаритов и массы, увеличением ресурсных показателей. Дизель по-прежнему является лидером среди других тепловых двигателей по топливной экономичности.

Дальнейшее развитие ДВС идет по пути совершенствования ее элементов и направлено на реализацию следующих мероприятий:

– повышение безотказности, долговечности, ремонтпригодности;

– снижение массы и габаритов;

– снижение уровней вибрации и шума;

– снижение эксплуатационных и ремонтных затрат;

– улучшение экологических показателей.

Ведущие мировые фирмы по производству дизелей используют следующие основные способы совершенствования дизельного привода:

– форсировка рабочего процесса по среднему эффективному давлению до 3,0 и более МПа;

– использование автоматически регулируемого газотурбинного наддува с глубоким промежуточным охлаждением и двухфазного впрыска топлива, позволяющего обеспечить высокое качество его сгорания на всех режимах работы дизеля;

– применение новых конструктивных материалов с более высокими механическими свойствами и прогрессивных технологий изготовления и обработки деталей;

– отключение подачи топлива в часть цилиндров дизеля на малых нагрузках;

– перевод дизелей на более дешевые (на 30–50%) тяжелые сорта топлив и водотопливные эмульсии;

– использование средств нейтрализации токсичных соединений в выпускных газах;

– применение смазочных масел с высокоэффективными противозносными присадками;

– оснащение двигателей средствами технического диагностирования и прогнозирования остаточного ресурса.

Таким образом, на основе анализа современного состояния и перспектив развития корабельных ГТД и ДВС можно сделать вывод о том, что обоснование выбора главных двигателей для перспективных надводных кораблей – непростая задача. Современными фирмами – лидерами мирового машиностроения разработан и может быть представлен потребителям широкий спектр двигателей, отвечающих последним достижениям в области энергомашиностроения.

Очевидно, что сама процедура выбора является научной задачей, для решения которой необходимо учитывать множество факторов, таких как совокупность свойств двигателей, а также ограничений, накладываемых на выбор предпочтений, степень ответственности характеристик двигателей задачам, решаемым кораблем, т.е. удовлетворение потребностей системы верхнего уровня, подразумевая ЭУ как подсистему корабля.

Выбор наиболее предпочтительных вариантов типов и состава главных двигателей надводных кораблей должен осуществляться на основе классической теории оптимизации, где строго учитываются все зависимые и независимые переменные, ограничения, накладываемые на указанные переменные, и самое важное, где в формализованном виде формулируется критерий оптимизации, соответствующий целевой функции (цели разработки и создания корабельной ЭУ).

Постановка и решение подобной математической задачи оптимизации, или, по-другому, задачи формирования облика ЭУ надводного корабля, является хотя и сложной, учитывая малое количество исследований в этой области, но вполне выполнимой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рыбалко В.В. История развития отечественных корабельных газотурбинных энергетических установок. – СПб.: Изд. ВМА, 1999.
2. Jane's Fighting Ships, 1995–1996 гг.
3. Современное состояние и перспективы развития корабельных дизелей: Отчет по НИР № 3533. – Л.: Изд. ВМА, 1990. ■

20 июля 2011 г. начальник Генерального штаба Вооруженных Сил Российской Федерации Николай Макаров посетил головной офис Группы компаний «Транзас» – российско- и мирового лидера в разработке и производстве интегрированных IT-решений для авиационного, морского, железнодорожного транспорта, чтобы оценить уровень развития современных отечественных электронных технологий военного назначения.

В ходе визита президент группы компаний Николай Лебедев представил руководителю Генерального штаба последние версии разработок производства «Транзас», используемые и готовые к применению оборонными службами страны:

- комплексные тренажеры вертолетов «Ми-8 МТВ-5» и «Ми-35», позволяющие отрабатывать действия экипажа в нормальных (штатных), сложных и аварийных условиях полета в реальном масштабе времени на всех этапах выполнения полета;

- беспилотные летательные аппараты;

- интегрированные бортовые системы управления судном, корабельным оборудованием и техническими средствами;

- морские навигационные тренажерные системы гражданского и военного назначения;

- системы безопасности, образовательные системы для нефтегазовой области;

- интерактивный стрелковый комплекс.

Важным акцентом встречи стала презентация разработанной «Транзас» технологии единого виртуального поля боя – эффективной платформы для создания современных тренажерных систем обучения специалистов различных родов войск в составе центров боевой подготовки нового поколения.

Комплекс развернут в виде большого панорамного экрана, на котором в режиме реального времени моделируются и отображаются боевые действия. Также в его состав входят автоматизированные средства управления тренировкой, средства подыгрыша и разбора, процедурные тренажеры отдельных образцов боевой техники. Для компьютерного подыгрыша противоборствующих сил используются самые современные технологии имитационного моделирования и искусственного интеллекта.

В завершении визита генерал армии Николай Макаров отметил, что «ни коим образом не отрицая заслуг прошлого, мы должны признать, что сегодня армия готова к обучению войск по новым принципам, новым правилам и канонам тем бо-

ВОЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА ПРОИЗВОДСТВА РОССИЙСКОЙ КОМПАНИИ «ТРАНЗАС» - ДЛЯ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ РФ

ЗАО «Транзас»,
контакт. тел. (812) 325 3131



Обсуждение перспектив использования интегрированных технологий в военной сфере

лее, что существует технологическая возможность для этого. Мы побывали во многих европейских странах, были в США, изучали процесс обучения, внедрения новых технологий. Должен констатировать, что сегодняшнее посещение группы компаний «Транзас» нас приятно удивило, поскольку лучшее, что мы видели, реализовано здесь.

В ближайшее время можно создать совместную технологию подготовки войск, учитывающую задел, который есть у «Транзас»: прежде всего это математика, программное обеспечение и опыт офицеров, которые знают, как действуют войска. Все вместе, я думаю, позволит нам более экономически эффективно и более качественно готовить свои войска и силы.

По нашим планам, к началу 2013 г. мы будем иметь систему подготовки войск, работающую на новой базе. Мы выйдем не только на уровень лучших государств в плане военного отношения, а возможно, и в чем-то их опередим. Этот скачок очень важен для нас».

По признанию начальника Генерального штаба все тренажерные системы выполнены с использованием высоких технологий, но самое главное – это математическая и программная основа оборудования, которая способна трансформироваться и развиваться. По его словам, в первую очередь тренажерами пла-

нируется оснащать учебные центры военных округов, учебные центры армий и бригад.

Стоит отметить, что сегодня технические, технологические решения, а также решения в области компьютерного моделирования и визуализации, демонстрируемые компанией «Транзас»



Начальник Генштаба Николай Макаров лично проверяет потенциал стрелкового комплекса

на российском и международном рынке, часто превосходят аналогичные продукты отечественных и мировых производителей. Интеграция, ставшая основой всех комплексных систем компании, позволяет с максимальной производительностью и экономической эффективностью решать задачи, встающие перед гражданскими и военными специалистами страны. ■

Речные пассажирские и транспортные суда – одни из наиболее востребованных на территории России, особенно в восточных регионах, где реки являются основными транспортными магистралями. Это обуславливает, с одной стороны, рост грузопассажирских перевозок речным транспортом и интенсивности движения на реках, с другой – рост опасности судоходства.

В условиях интенсивного движения судов существенно возрастают требования к оперативности, надежности и безошибочности управления движением судов и, как следствие, к автоматизации процессов управления судном в нормальных и аварийных режимах плавания.

Управление движением судна, главными двигателями, рулевыми устройствами и другими техническими средствами, как правило, осуществляются вахтенным помощником капитана и вахтенным механиком.

Для обеспечения безопасной эксплуатации судна необходимо прежде всего автоматизировать решение задач судовождения в условиях интенсивного судоходства и навигационных опасностей и задач безаварийной эксплуатации технических средств. В связи с этим все более очевидной становится необходимость создания интегрированной мостиковой системы управления (ИМС), объединяющей функции судовождения с функциями оптимального управления техническими средствами движения.

ОАО «Концерн «НПО «Аврора» совместно с ЗАО «Транзас» разработали современную ИМС для речных судов и готовы к их серийному производству.

ИМС интегрирована в АСУ ТП (автоматизированная система управления технологическими процессами) и совместно с периферийными приборами АСУ ТП и локальными системами ЛСУ обеспечивает автоматизацию процессов управления судовождением, главными двигателями, рулевыми устройствами, электроэнергетической установкой, вспомогательными и общесудовыми системами,

ИНТЕГРИРОВАННАЯ МОСТИКОВАЯ СИСТЕМА РЕЧНЫХ ПАССАЖИРСКИХ И ТРАНСПОРТНЫХ СУДОВ

К.Ю. Шилов, д-р техн. наук, генеральный директор,
Ю.Н. Черныш, канд. техн. наук, директор производства гражданской морской техники, ОАО «Концерн «НПО «Аврора»,
контакт. тел. (812) 610 1180

противопожарными средствами и системами борьбы за живучесть судна в аварийных ситуациях (техническими средствами судна – ТСС).

Типовая структура АСУ ТП судна приведена на рис. 1

В состав ИМС входят: АРМ штурмана; АРМ судоводителя; АРМ механика.

В ИМС также встраиваются приборы и устройства:

- систем спутниковой связи;
- глобальной морской системы связи и безопасности (ГМССБ);
- внутрисудовой связи;
- управления сиреной, звуковой и световой сигнализацией, сигнально-отличительными огнями, авральной сигнализацией, наружным освещением и стеклоочистителями.

Интегрированная мостиковая система совместно с навигационным оборудованием (РЛС, GPS/Глонасс, АИС, гироскоп, лаг, эхолот, инерциальная навигационная система), системами САРП и ЭКНИС обеспечивает отображение на мониторах навигационной карты, координат и параметров движения судов, маршрута и параметров собственного движения, вырабатывает рекомендаций по безопасному судовождению. При этом АРМ штурмана позволяет:

- планировать маршрут и параметры движения судна по маршруту;
- осуществлять контроль;

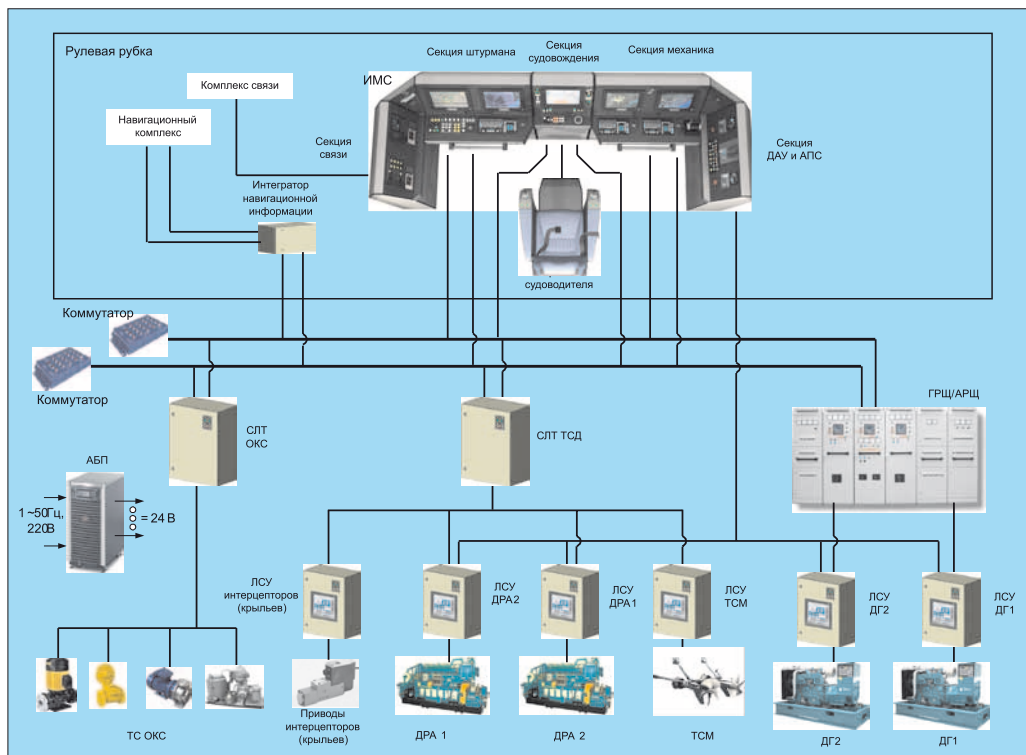


Рис. 1. Структура АСУ ТП судна

- гидрометеорологических, глубины фарватера и течений в районе плавания;
- плавучих и неплавучих средств навигационного оборудования (маяки, створные знаки, буи, вежи, знаки, мосты и др.);
- опасных объектов (топляки, затопленные суда, отмели и др. объекты);
- параметров движущихся объектов;
- мониторинг ближней окружающей обстановки;
- координат местоположения и параметров собственного движения судна (курса и скорости хода, точек поворота, угловой скорости и радиуса поворота, смещения траектории движения от заданного маршрута);
- крена, дифферента, осадки и остойчивости судна;
- формировать предупредительные и аварийные сигналы о предельно-допустимых значениях:
 - смещения от заданного маршрута;
 - курса, скорости хода;
 - крена, дифферента, осадки;
 - радиуса или угловой скорости разворота;
 - об очередных точках поворота и о возникновении опасности.

• решать задачи безопасности движения судна в условиях интенсивного движения судов и наличия навигационных опасностей, рассчитывать безопасные траектории и параметры движения, корректировать маршрут с использованием систем САПП и ЭКНИС;

• передавать данные в АРМ судоводителя о ближней навигационной обстановке, заданных параметрах движения судна по маршруту, аварийно-предупредительные сигналы и расчетные значения траектории и параметров движения судна при возникновении опасности.

Совместно с локальными системами управления ИМС обеспечивает отображение на мониторах технологических мнемосхем и индикацию параметров ТСС, формирует светозвуковые предупредительные и аварийные сигналы, вырабатывает рекомендации по управлению ТСС в аварийных ситуациях. При этом АРМ механика позволяет осуществлять:

- дистанционное управление, контроль и регистрацию параметров и режимов работы:
 - главных двигателей;
 - электроэнергетической установки;
 - вспомогательных и общесудовых систем;
 - противопожарных систем и систем борьбы за живучесть судна;
 - приводов рулевых устройств;
 - формирование предупредительных и аварийных сигналов о предельно-допустимых значениях параметров ТСС;
 - мониторинг помещений судна;
 - передачу в АРМ судоводителя:
 - данных об основных параметрах главных двигателей, рулевых устройств, интерцепторов, крыльев (закрылков);
 - аварийно-предупредительных сигналов при достижении параметров главных двигателей, рулевых устройств, интерцепторов, крыльев (закрылков) предельно-допустимых значений.

АРМ судоводителя интегрирует информацию, полученную из АРМ штурмана и АРМ механика, обеспечивая при этом:

- дистанционное координированное управление главными двигателями и рулевыми устройствами;
- контроль и видеонаблюдение:
 - ближней навигационной обстановки;
 - местоположения и параметров собственного движения судна (курса и скорости хода, смещения траектории движения от заданного маршрута, крена, дифферента и осадки, точек поворота, угловой скорости и радиуса поворота);
 - крена, дифферента и клиренса судна;
 - частоты вращения главных двигателей;
 - углов поворота рулевых устройств;

- выдача судоводителю аварийно-предупредительных сигналов:
 - о предельно-допустимых отклонениях от заданного маршрута или курса;
 - о приближающихся точках поворота;
 - о предельно-допустимых отклонениях радиуса или угловой скорости разворота;
 - о возникновении внешней опасности;
 - о предельно-допустимых параметрах собственного движения судна;
 - о предельно-допустимых параметрах главных двигателей и рулевых устройств;

Интегрированная мостиковая система сопрягается с навигационным комплексом судна (РЛС, GPS/Глонасс, гироскоп, лаг, эхолот, гидроакустическая аппаратура, инерциальная система измерения параметров движения) посредством интегратора навигационной информации (ИНИ).

В ИНИ формируется массив картографических и навигационных данных, который передается в ИМС по дублированному каналу связи системы обмена данными (СОД) с интерфейсами Ethernet и протоколами TCP/IP.

Связь ИМС с периферийными приборами АСУ ТП, локальными системами и главным распределительным щитом (ГРЩ) также осуществляется через систему обмена данными (СОД) по дублированному каналу связи с интерфейсами Ethernet и протоколами TCP/IP.

ИМС совместно с ЛСУ обеспечивает сбор и обработку первичной информации от датчиков и формируют сигналы координированного управления техническими средствами движения в нормальных и аварийных режимах управления.

Основные функциональные, технические и экономические преимущества предлагаемой ИМС по сравнению с другими отечественными и зарубежными системами управления состоят в следующем:

- В ИМС интегрированы функции отображения маршрута движения, навигационной обстановки, параметров движения, состояния технических средств, решение задач навигационной безопасности судна, а также сопровождение отображаемой информации необходимыми рекомендациями по управлению техническими средствами в нормальных и аварийных ситуациях, что позволяет обеспечить своевременное и безошибочное принятие решений по управлению судном и его техническими средствами при выполнении поставленных задач в сложной навигационной обстановке и в аварийных ситуациях.

- В кресло судоводителя встроены органы управления техническими средствами движения и маневрирования, что позволяет одному человеку управлять движением и маневрированием судна, что, в свою очередь, повышает безошибочность, надежность, оперативность и безопасность управления судном в сложной навигационной обстановке и в аварийных ситуациях.

- В ИМС реализовано координированное управление техническими средствами движения и маневрирования в нормальных и аварийных режимах, а также предусмотрено прогнозирование и предупреждение аварийных состояний технических средств, что обеспечивает надежность и безопасность движения судна в сложных гидрометеорологических условиях и в аварийных ситуациях.

- Интеграция вычислительных средств, органов управления и средств отображения информации, а также применение аппаратно-программных средств, комплектующих изделий, датчиков и исполнительных механизмов нового поколения позволяют обеспечить конкурентную стоимость при высокой функциональной и технической эффективности и надежности ИМС.

- Многоуровневый контроль состояния каналов управления, аппаратно-программных средств, средств коммуникации и связи позволяет своевременно выявлять и локализо-

вать неисправности, не приводя к глобальному отказу и аварийному состоянию судна.

- Модульность исполнения пультов и их конструкция обеспечивают компоновку ИМС на любом судне с учетом требований эргономики, эстетики и дизайна интерьера рулевой рубки.
- Агрегат бесперебойного питания (АБП) обеспечивает ИМС высококачественным и надежным питанием, в том числе при отказах основного электроснабжения корабля.

Общий вид интегрированной мостиковой системы (ИМС) судна представлен на рис. 2.



Рис. 2. Общий вид ИМС

Информация в интегрированной мостиковой системе представляется на мониторах, расположенных на центральной секции судовождения и панелях, находящихся слева и справа от центральной секции. При этом на каждом из мониторов может быть отображена любая из представляемой в ИМС информации, что существенно повышает надежность оценки ситуации и принятия управленческих решений.

Примеры компоновки информации на мониторах ИМС представлены на рис. 3–6.



Рис. 3. Пример 1



Рис. 4. Пример 2

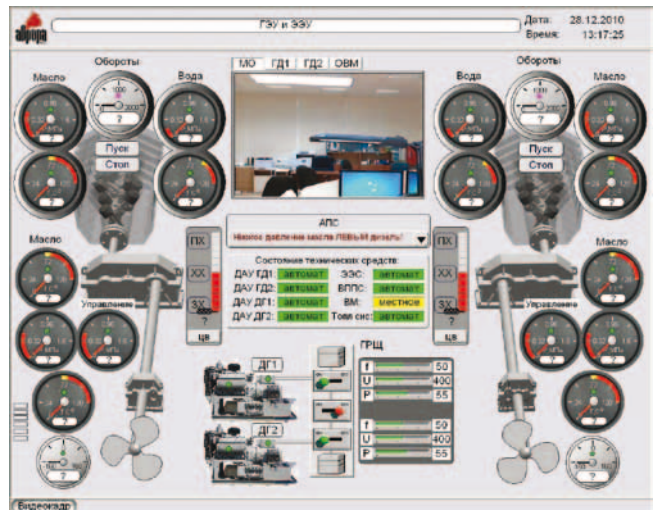


Рис. 5. Пример 3

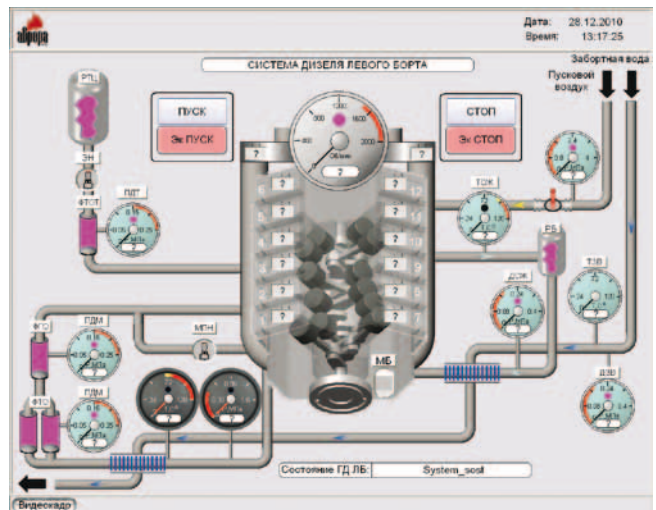


Рис. 6. Пример 4

ВЫВОДЫ

Предлагаемая ИМС обеспечивает надежную и функционально полную информационную поддержку безопасного судовождения речных судов в условиях интенсивного судоходства, навигационных опасностей и аварийных ситуаций.

ИМС обеспечивает интеграцию функции судовождения с функциями управления техническими средствами судна, что существенно повышает оперативность и надежность управления судном в нормальных и аварийных режимах.

Управлять судном может один человек, что повышает безошибочность, надежность и оперативность управления в сложной навигационной обстановке и в аварийных ситуациях. ■

Анализ способов посадки беспилотного летательного аппарата (БПЛА) самолетного и вертолетного типа на движущееся судно [1, 2] показал принципиальную возможность организации различных способов. В настоящей работе рассматривается способ управления посадкой БПЛА на кран-балку, вынесенную за борт судна [3], при помощи координатора на основе телевизионного канала (ТВК), установленного на судне, с минимальным дополнением бортовой аппаратуры БПЛА.

Состав судовой и бортовой аппаратуры управления БПЛА подробно рассмотрен, например, в [1], поэтому приведем только дополнения, необходимые для реализации управления посадкой БПЛА на движущееся судно.

Для передачи управляющих команд на БПЛА используется стандартная линия связи судна и БПЛА, например, Wi-Fi. По этой линии связи на судно передаются навигационные координаты БПЛА. Это позволяет определить текущее положение БПЛА относительно судна с точностью не хуже десятков метров. Однако для управления посадкой БПЛА с точностью нескольких сантиметров, что позволит привести его к точке зацепления на посадочном устройстве.

В состав судовой аппаратуры вводится телевизионная камера ТВК, жестко скрепленная с корпусом судна. Телевизионная камера соединена с автоматизированным рабочим местом (АРМ) оператора судовой системы управления БПЛА. Ориентация оптической оси и размеры поля зрения обозначены далее.

Для обеспечения работы ТВК в условиях плохой видимости и в ночное время суток на борту БПЛА в передней части корпуса необходимо установить световой фонарь. Мощность фонаря должна обеспечить его обнаружение судовой телевизионной приемной системой на дистанции до 1000 м. Расходимость светового луча бортового фонаря, например 20–30°, обеспечит попадание излучения в поле зрения телевизионной приемной системы.

Точное измерение текущей дистанции от судна до БПЛА осуществляется, например, лазерным дальномером. Для этого в передней части корпуса БПЛА необходимо установить световозвращатель [4].

ПРИНЦИП РАБОТЫ СУДОВОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО КООРДИНАТОРА

Схемы расположения дополнительного судового оборудования: кран-балки, сигнальных световых маяков, телевизионной камеры и лазерного локатора, показаны на рис. 1. Здесь формируется параллельная борту судна линия, проходящая через центр зоны зацепле-

СУДОВАЯ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПОСАДКИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

*С.Н. Шаров, д-р техн. наук, проф., чл.-корр. РАН и АЭН РФ, гл. науч. сотрудник,
М.С. Дворяшин, инженер, аспирант,
Е.С. Петухова, инженер, аспирант,
ОАО «Концерн «Гранит-Электрон»,
контакт. тел. (812) 578 9823*

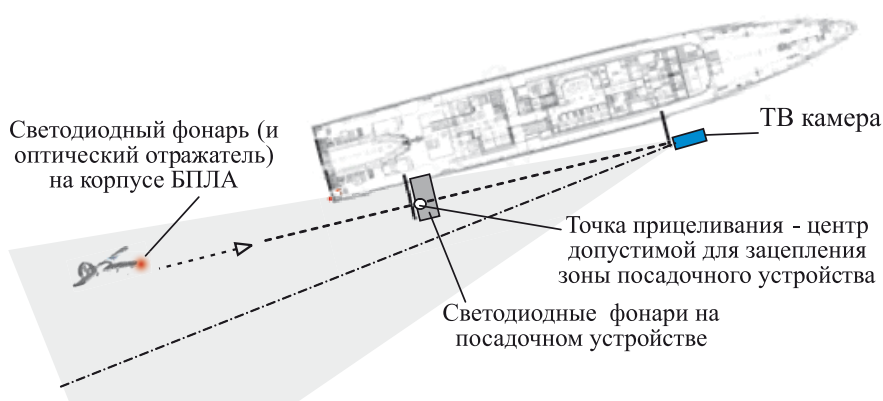


Рис. 1

ния посадочного устройства, которая является идеальной траекторией сближения БПЛА с посадочным устройством. Способ определения отклонения БПЛА аналогичен ружейному прицелу. Конструкция посадочного устройства выполняет роль «мушки», а прицелом служит телевизионная камера. Оптическая ось объектива телевизионной камеры расположена так, чтобы наблюдать посадочное устройство и зону возможного нахождения БПЛА на дистанции от начала маневра посадки до зацепления с посадочным устройством.

Угловое поле зрения телевизионной камеры в горизонтальной плоскости показано на рис. 1 заштрихованным сектором с осью, отмеченной штрихпунктирной линией.

Координатор на основе телевизионного канала – основное новое устройство судовой информационной системы управления движением БПЛА. Поясним его работу при помощи рис. 2, где схематически изображен экран телевизионного монитора.

На экране – телевизионное изображение водной поверхности, воздушной среды, частей корпуса судна и посадочного устройства. Изображение посадочного устройства наблюдается при размещении телевизионной камеры за посадочным устройством относительно направления движения судна и БПЛА, как показано на рис. 1.

На экране монитора формируется метка точки прицеливания БПЛА в центре зоны посадочного устройства, где

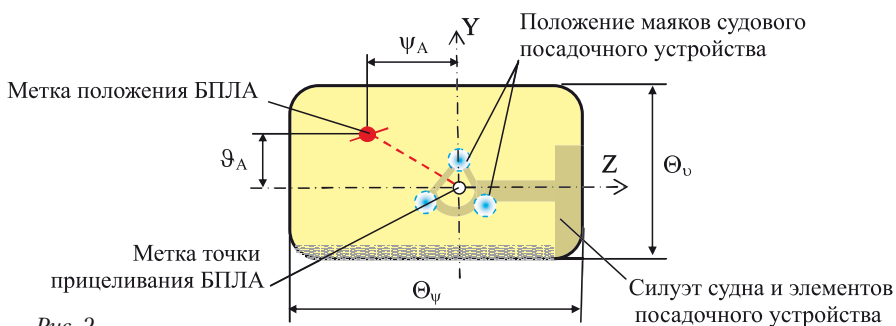


Рис. 2

происходит зацепление БПЛА. Положение этой метки формируется во время установки телевизионной камеры (ТВК) и ее юстировки. Точка прицеливания принимается за нулевое положение в вертикальной и горизонтальной плоскостях (рис. 2).

При попадании БПЛА в поле зрения ТВК на экране монитора появляется изображение светового фонаря, установленного на БПЛА.

Угловое отклонение БПЛА от точки прицеливания в горизонтальной плоскости Ψ_A соответственно:

$$\Psi_A = n_\psi \Psi_n, \quad (1)$$

где n_ψ – число элементов разрешения приемного устройства в горизонтальной плоскости между центром яркости метки БПЛА и меткой точки прицеливания; Ψ_n – угловой размер одного элемента разрешения в горизонтальной плоскости, град.:

$$\Psi_n = \Theta_\psi / N_\psi, \quad (2)$$

Здесь Θ_ψ – угол зрения приемной системы координатора БПЛА в горизонтальной плоскости, град; N_ψ – число элементов разрешения на строке (в горизонтальной плоскости) приемного устройства.

Аналогично значение углового отклонения ν_A БПЛА в вертикальной плоскости от точки прицеливания

$$\nu_A = n_\nu \nu_n, \quad (3)$$

где n_ν – число элементов разрешения в вертикальной плоскости между центром яркости маяка БПЛА и меткой точки прицеливания; ν_n – угловой размер одного элемента разрешения в вертикальной плоскости, град.:

$$\nu_n = \Theta_\nu / N_\nu, \quad (4)$$

Здесь Θ_ν – угол зрения приемной системы координатора БПЛА в вертикальной плоскости, град; N_ν – число элементов разрешения приемного устройства по вертикали приемного устройства.

Метка БПЛА на экране монитора определяет угловое рассогласование положения БПЛА и посадочного устройства.

В системе, соответствующей рис. 1, метка точки прицеливания при хороших условиях наблюдения (хороший контраст элементов посадочного устройства на телевизионном экране) может формироваться оператором без дополнительной подсветки маяками, путем предварительной юстировки по контурам и характерным точкам посадочного устройства. В плохих условиях (например, ночью или в тумане) необходимо включение световых маяков, по угловому соотношению между которыми определяется метка точки прицеливания.

Имея возможность дистанционно управлять полетом БПЛА при помощи команд «Влево»–«Вправо» и «Вверх»–«Вниз», оператор может привести БПЛА к посадочному устройству, совместив

метку БПЛА и точку прицеливания. Это совмещение оператору необходимо поддерживать вплоть до зацепления БПЛА с посадочным устройством.

Указанный способ управления является простейшим и позволяет принципиально обходиться без информации о дистанции. При хорошей освещенности, контрастности наблюдения БПЛА и отсутствии качки судна оператор может судить о дистанции, сопоставляя известное расстояние между маяками и наблюдаемыми размерами БПЛА.

Отметим, что управление угловым рассогласованием без учета дистанции приводит к неудовлетворительным результатам при значительном диапазоне изменения условий сближения БПЛА с судном. По этим причинам рассмотренный телевизионный координатор необходимо дополнить, например, лазерным дальномером, установленным на посадочном устройстве или в месте установки телевизионной камеры.

Существенным недостатком рассмотренного способа управления является принципиальная необходимость размещения телевизионной камеры на существенном расстоянии (несколько метров) от посадочного устройства. Учитывая необходимость обеспечения траектории полета БПЛА (в случае неудачного зацепления или промаха) вне контура судна, телевизионная камера требует для размещения выносного кронштейна, жестко связанного с посадочным устройством, что проблематично в условиях обычного судна.

Свободной от указанных недостатков является схема размещения телевизионной камеры непосредственно на посадочном устройстве рис. 3.

Конструктивно поместить телевизионную камеру непосредственно в точке прицеливания невозможно. Размещение ее на продолжении «идеальной» посадочной траектории, проходящей через центр допустимой для зацепления зоны посадочного устройства, приводит к существенному увеличению поперечного размера посадочной кранбалки, а также к затенению поля зрения телевизионного канала элементами конструкции посадочного устройства. По этим причинам телевизионную камеру целесообразно разместить на внешней стороне посадочного устройства (со стороны подлета БПЛА).

В такой схеме размещения угловой размер между направлением «идеальной» траектории посадки и оптической осью поля зрения ТВК не будет постоянным, как в схеме размещения на рис. 1, а будет изменяться по мере изменения дистанции.

На малой дистанции образуется «слепая» зона, где БПЛА уходит за пределы зоны наблюдения ТВК.

Поясним особенности работы телевизионного координатора в рассматриваемой схеме при помощи рис. 4, аналогичного рис. 2. На рис. 4 стрелками на экране указаны траектория смещения меток БПЛА (верхняя кривая) и метки точки прицеливания (нижняя стрелка) при сближении БПЛА с посадочным устройством.

Здесь метка прицеливания формируется с учетом параллакса – разности углов наблюдения БПЛА объективом ТВК, расположенным в точке прицеливания, и реальным объективом ТВК, смещенного относительно точки прицеливания на z в горизон-

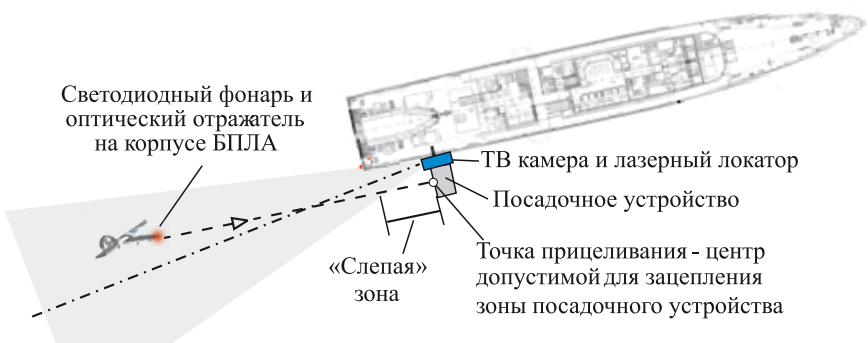


Рис. 3

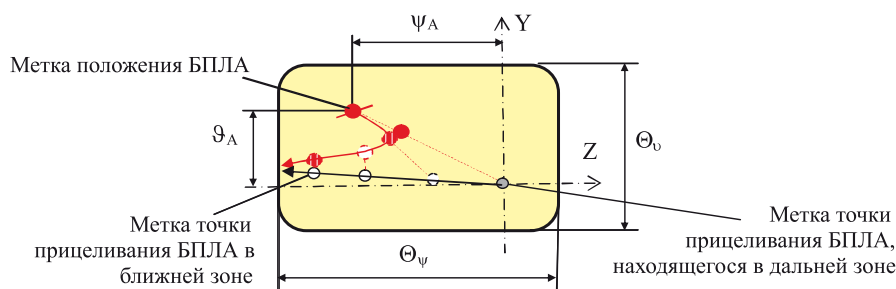


Рис. 4

тальной плоскости и y_{cm} в вертикальной плоскости:

$$\begin{aligned} \psi_{cm} &= \arcsin(z_{cm}/D); \\ \theta_{cm} &= \arcsin(y_{cm}/D), \end{aligned} \quad (5)$$

где ψ_{cm} и θ_{cm} – углы смещения метки прицеливания в горизонтальной и вертикальной плоскостях; D – дистанция до БПЛА.

Очевидно, что при значениях $\psi_{cm} \approx \theta_{cm}$ или $v_{cm} \approx \Theta_v$ БПЛА выйдет из поля зрения ТВК. Слепая зона D_{min} – дистанция, ближе которой БПЛА не наблюдается, определяется соотношениями

$$D_{min} \approx \min(z_{cm}/\sin\Theta_\psi; y_{cm}/\sin\Theta_v). \quad (6)$$

Например, при смещении ТВК от точки прицеливания на 1 м при угле зрения ТВК 15° $D_{min} = 4$ м.

Отметим, что увеличение поля зрения ТВК с целью увеличения вероятности захвата БПЛА на сопровождение и обеспечения работы в условиях качки судна положительно скажется на уменьшении слепой зоны.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕТОК БПЛА И ТОЧКИ ПРИЦЕЛИВАНИЯ НА ЭКРАНЕ МОНИТОРА

При наличии двухсторонней связи судна с БПЛА в судовую систему поступают текущие значения навигационных параметров БПЛА линейные координаты $X_A(t)$, $Y_A(t)$, $Z_A(t)$, соответственно, скорости их изменения, что позволяет определить и прогнозировать траекторию сближения БПЛА с судном. В качестве дополнительной информации могут поступать угловые координаты положения БПЛА относительно центра масс – значения углов атаки α , скольжения β и крена γ . Значения этих углов не должны превышать допустимые для обеспечения надежного зацепа БПЛА с посадочным устройством.

В условиях хорошей освещенности и контраста на экране монитора можно наблюдать силуэт БПЛА, а в плохих условиях – только пятно от светового фонаря либо отраженный от световозвращателя сигнал лазерного локатора. При использовании лазерного локатора, совмещенного с телевизионной приемной системой, на экране монитора метка БПЛА формируется из пятна отраженного сигнала световозвращателя. Это пятно занимает несколько элементов разрешения в силу различных причин расфокусировки, абберации и вибраций [5]. Энергетический центр пятна как группы $m \cdot n$ элементов разрешения приемной системы, сигнал от которых превысил заданный порог обнаружения, определяется по формулам

$$\begin{aligned} \psi_{MA} &= \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (\psi_{i,j} U_{i,j}) / \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (U_{i,j}); \\ \vartheta_{MA} &= \frac{1}{m n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (\vartheta_{i,j} U_{i,j}) / \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (U_{i,j}), \end{aligned} \quad (7)$$

где ψ_{MA} и ϑ_{MA} – координаты центра метки БПЛА; m и n – размер области приемной системы в элементах разрешения, в которой сигнал превысил заданный порог обнаружения, в горизонтальной и вертикальной плоскостях; $U_{i,j}$, $\psi_{i,j}$, $\vartheta_{i,j}$ – амплитуда сигнала и положение элемента разрешения приемной системы ТВК с координатами i, j в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Аналогично (7) определяются координаты ψ_{MM} , ϑ_{MM} энергетических центров изображения каждого из маяков посадочного устройства.

Координаты метки точки прицеливания ψ_{TP} , ϑ_{TP} определяются с помощью известных геометрических размеров Δz_i и Δy_i (расположение ее относительно каждого i -го маяка посадочного устройства):

$$\begin{aligned} \psi_{TP} &= \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 (\arctg(\Delta z_i / b_{zi})); \\ \vartheta_{TP} &= \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 (\arctg(\Delta y_i / b_{yi})), \end{aligned} \quad (8)$$

где b_{zi} , b_{yi} – расстояние в горизонтальной и вертикальной плоскостях от i -го маяка до точки прицеливания на посадочном устройстве (см. рис. 1).

Для удобства наблюдения оператора на изображение реального фонаря БПЛА и точки прицеливания накладывается интенсивное изображение, близкое к круговому, диаметром 5–7 элементов разрешения.

При наличии сигнала крена БПЛА формируется линия длиной 10–20 элементов разрешения и толщиной 1–2 элемента разрешения, симметрично расположенная относительно центра метки ψ_{MA} , ϑ_{MA} . Наклон линии относительно горизонтальной строки соответствует значению крена γ .

Формирование метки точки прицеливания на мониторе происходит программным путем. Ее положение определено, если приемная система ТВК жестко скреплена с посадочным устройством. В случае разнесения приемной системы ТВК от посадочного устройства, как показано на рис. 1, метка точки прицеливания формируется аналогично определению энергетического центра изображения фонаря БПЛА (5) по положению энергетических центров световых меток-маяков посадочного устройства. При расположении телевизионной камеры на по-

садочном устройстве формирование метки точки прицеливания происходит программным способом с учетом дистанции до БПЛА (5).

При неблагоприятных условиях освещенности, когда контраст светового фонаря БПЛА мал на фоне свечения атмосферы, возможно использование другого способа формирования метки БПЛА. Оператор при помощи манипулятора «мышь» устанавливает сформированную программным путем метку на наблюдаемом на экране монитора силуэте БПЛА. При этом автоматически фиксируются координаты центра метки ψ_{MA} и ϑ_{MA} в элементах разрешения приемного устройства и углах отклонения ψ_A и ϑ_A .

Отметим, что способ формирования метки БПЛА на экране монитора выбирает оператор в зависимости от условий освещенности и наблюдения БПЛА на фоне неба и моря. Очевидно, что наблюдение БПЛА на фоне Солнца или Луны, солнечной и лунной водной дорожки, если их изображение попадает в поле зрения ТВК, серьезно затруднено и требует специальных средств оптической фильтрации. Проще таких ситуаций избегать, выбирая соответствующий курс движения судна при посадке БПЛА.

Как известно [6] и как будет проиллюстрировано далее, управление при помощи команд «Влево»–«Вправо» и «Вверх»–«Вниз» без учета дистанции – не лучшее для управления посадкой БПЛА. Лучшее управление достигается при использовании информации о дальности БПЛА относительно посадочного устройства. Специально сформированные траектории сближения и законы управления конечным положением БПЛА обеспечивают меньшие линейные и угловые ошибки приведения БПЛА к посадочному устройству.

Для наблюдения оператором траектории сближения БПЛА с посадочным устройством целесообразно на отдельном экране или отдельных окнах телевизионного монитора формировать изображение, показанные на рис. 5.

Экран на рис. 5, а иллюстрирует движение сближения БПЛА с судном в горизонтальной плоскости (в координатах x, z), а рис. 5, б – в вертикальной плоскости (в координатах x, y). На

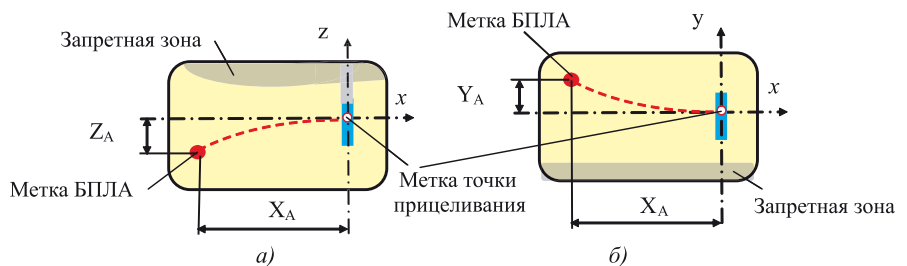


Рис. 5

экранах обозначены метки БПЛА и точки прицеливания, запретные зоны поверхности воды и контура судна. Пунктирной линией обозначена траектория экспоненциального типа, обеспечивающая наилучшее по точности и нечувствительности к внешним воздействиям сближение с посадочным устройством для текущего положения БПЛА.

Текущее положение БПЛА относительно посадочного устройства Z_A, Y_A, X_A грубо определяется по данным навигационных систем судна и БПЛА, а более точно при помощи лазерного локатора, совмещенного с ТВК.

УПРАВЛЕНИЕ СБЛИЖЕНИЕМ БПЛА С СУДНОМ

В соответствии с поставленной задачей – минимизацией доработки бортовой аппаратуры БПЛА – рассматриваем систему управления БПЛА, оптимально спроектированную для выполнения полета по заданной программе мониторинга. В такой системе обеспечиваются необходимые запасы устойчивости и требуемое качество управления: точность поддержания заданного полетным заданием направления движения, качество переходных процессов при изменении режима полета или при парировании внешних возмущений. Функциональное взаимодействие судовой и бортовой систем управления показано на схеме рис. 6.

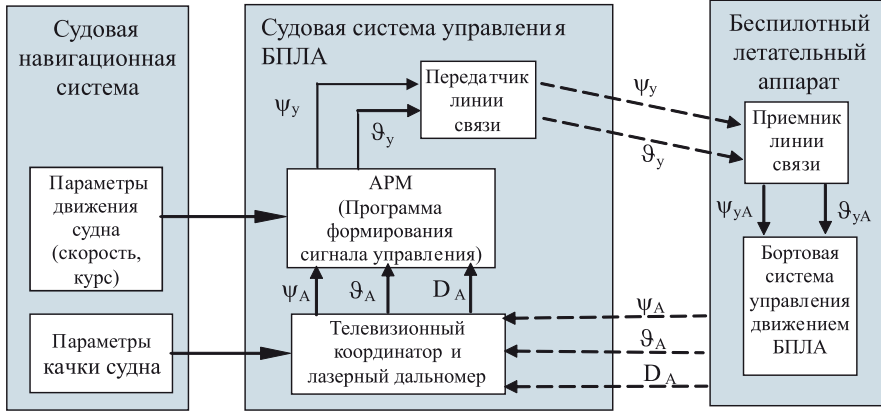


Рис. 6

Телевизионный координатор и лазерный дальномер формируют сигналы ψ_A, ϑ_A, D_A пространственного положения БПЛА относительно точки прицеливания на посадочном устройстве. Программа вычислителя АРМ оператора формирует сигналы управления ψ_y и ϑ_y , при помощи которых БПЛА изменяет направление своего движения, обеспечивая движение по траектории, проходящей через точку прицеливания.

В данной работе ограничимся рассмотрением управления боковым движением БПЛА, полагая, что погрешности вывода БПЛА в заданную относительно судна точку по координатам X

и Z существенно больше, чем по высоте. Кроме этого система стабилизации высоты полета при волнении моря и обеспечение одновременного управления по высоте и направлению полета в вертикальной плоскости заслуживают отдельного рассмотрения, выходящего за рамки настоящей статьи.

Программа формирования сигнала управления направлением полета БПЛА в зависимости от режима, выбранного оператором, может вырабатывать различные управляющие сигналы. При отсутствии информации о дальности до БПЛА возможны следующие законы управления:

1. Релейное управление

$$\psi_y = \psi_p \text{sign}(\psi_A), \text{ где } \psi_p = \text{const.}$$

Результаты моделирования показали возможность подбора величины

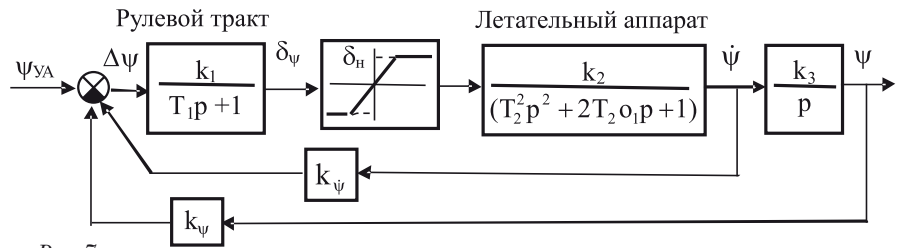


Рис. 7

$\psi_p = \text{const}$, при которой обеспечивается промах менее 1 мм при определенных известных начальных условиях (координатах БПЛА и параметрах его движения). Однако малые ошибки в опреде-

лении начальных условий и ошибок в определении параметров движения БПЛА. Такое управление при $k_y \geq 3$ обеспечивает отработку бокового рассогласования практически по экспоненциальной траектории.

Линейное управление $\psi_y = k_y \psi_A$ рассматриваем с учетом ограничения скорости разворота БПЛА постоянной величиной $\dot{\psi}_H = \text{const}$.

Важно отметить, что для дистанционного управления БПЛА необходимо учесть запаздывание τ_c сигнала управления ψ_y , сформированного на судне до управляющего сигнала ψ_{yA} на БПЛА, т.е. $\psi_{yA}(t) = \psi_y(t - \tau_c)$.

Упрощенная структурная схема системы управления движением БПЛА по углу ψ в горизонтальной плоскости приведена на рис. 7 [6].

На рисунке 7 обозначены T_1 и T_2 – постоянные времени рулевого тракта и летательного аппарата; k_1 – коэффициент передачи рулевого тракта; k_2 – передаточный коэффициент объекта управления; k_3 – передаточный коэффициент интегрирующего звена, k_ψ и k_ψ – коэффициенты обратной связи по углу ψ и скорости его изменения $\dot{\psi}$.

В системе управления движением БПЛА значения коэффициентов контура управления и обратной связи выбираются из условий обеспечения заданных запасов устойчивости и качества переходных процессов. Динамика процессов бортовой системы управления моделируется в среде MatLab путем численного интегрирования уравнений, соответствующих передаточным функциям звеньев.

При моделировании процесса сближения БПЛА его координаты (x_{Ai}, z_{Ai}) относительно посадочного устройства в горизонтальной плоскости на каждом шаге интегрирования определяются соотношениями:

$$\begin{aligned} x_{Ai} &= x_{Ai-1} + V_{AH} \Delta t \cos(\psi_i); \\ z_{Ai} &= z_{Ai-1} + V_{AH} \Delta t \sin(\psi_i), \end{aligned} \quad (9)$$

где V_{AH} – скорость сближения БПЛА и судна-носителя, ψ_{Ai} – направление движения БПЛА относительно судна. Эти параметры принимаются постоянными на каждом шаге интегрирования.

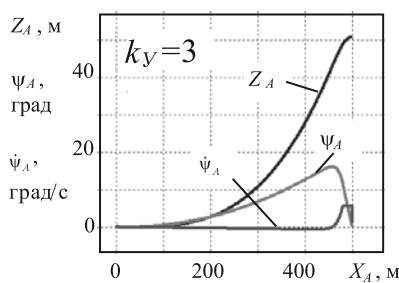
Истинное направление на цель (точку прицеливания БПЛА на посадочном устройстве) ψ_{Ai} определяется как

$$\psi_{yi} = \arctg(z_{Ai} / x_{Ai}). \quad (10)$$

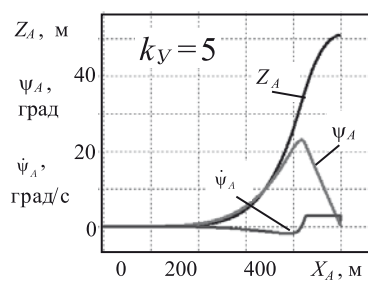
Для примера зададимся следующими параметрами системы: $k_1 = 20$; $k_2 = 1$; $k_3 = 1$; $k_\psi = 0,2$; $k_\dot{\psi} = 1$; $T_1 = 0,1$ с; $T_2 = 0,2$ с; $\xi = 1$, которые обеспечивают управления движением БПЛА в заданном направлении, а также следующим диапазоном начальных условий при $t = 0$: $\psi_A = \pm 12$ град.; $x_A = (300 - 1000)$ м; $z_A = \pm 50$ м.

При относительной скорости сближения БПЛА с судном $V_{АН} = 10$ м/с время полета до сцепления с посадочным устройством $T_K \approx (30 - 100)$ с.

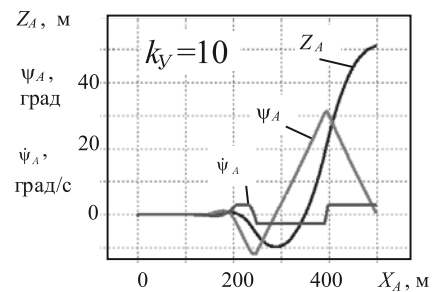
Поскольку для реальной системы управления БПЛА всегда имеется ограничение максимальной скорости разворота, проведем исследования влияния величины k_y на вид траектории сближения и параметры движения БПЛА в конечной точке $X_A(t = T_K)$, т.е. на величины Z_A , ψ_A , скорость бокового сноса \dot{Z} и скорость угла поворота $\dot{\psi}_A$.



а)
Рис. 8



б)



в)

На рис. 8, а – в приведены зависимости $Z_A(X_A)$, $\psi_A(X_A)$ и $\dot{\psi}_A(X_A)$ при одинаковых начальных условиях $X_A(t = 0) = 500$ м, $Z_A(t = 0) = 50$ м и $\psi_A(t = 0) = 0$ град., а также при ограничении на скорость разворота 3 град./с. Зависимости, приведенные на рис. 8, а соответствуют $k_y = 3$, рис. 8, б – $k_y = 5$ и рис. 8, в – $k_y = 10$.

Зависимости на рис. 8 показывают, что увеличение k_y приведет к перерегулированию, что может вызвать потерю БПЛА из поля зрения ТВК, а также метки БПЛА с экрана монитора. К такому же эффекту приводит изменение начальных условий. При $\psi_A(t = 0) = 10$ град. в сторону от судна перерегулирование наблюдается уже при $k_y = 5$. При уменьшении начальной дистанции управления до 300 м перерегулирование

и увеличение значений Z_A и ψ_A в конечной точке $X_A(t = T_K)$ наблюдается при $k_y > 3$. По этой причине для диапазона внешних условий, указанных выше, целесообразно выбрать $k_y = 3$.

Отметим, чем на большей дистанции произойдет обнаружение БПЛА и измерение дальности до него, тем при большем диапазоне начальных условий обеспечивается необходимая точность приведения БПЛА к посадочному устройству. Однако в плохих погодных условиях необходимая дальность обнаружения БПЛА и определение дистанции до него при помощи лазерного дальномера может оказаться маловероятной. По этой причине представляет интерес оценить допустимую ошибку определения начальной дистанции, которую обеспечивают навигационные средства судна и БПЛА.

На рис. 9 приведены зависимости изменения величины промаха Z_K , боковой скорости \dot{Z}_K и угла ψ_K подхода БПЛА к точке прицеливания в зависимости от погрешности определения начальной дистанции $D_A(t = 0)$ (рис. 9, а), от ошибки в определении направления движения $\psi_A(t = 0)$ (рис. 9, б) и от величины τ_c запаздывания управляющего сигнала.

Зависимости, приведенные на рис. 9, получены при $X_A(t = 0) = 500$ м, $Z_A(t = 0) = 50$ м и $V_{АН} = 10$ м/с, $k_y = 3$ и $\dot{\psi}_H = 3$ град. В этих условиях и при $\psi_A(t = 0) = 0$ град. ошибка определения начальной дистанции в пределах -20 м и $+80$ м приводит к промаху по $Z_K \pm 4$ см и по углу $\psi_K \pm 10$ град. (рис. 9, а).

При отсутствии погрешности определения начальной дистанции ошибка определения направления полета

та $\psi_A(t = 0)$ в пределах -20 град. и $+40$ град. приводит к промаху по $Z < 1$ см и по углу $\psi_K < 10$ град. (рис. 9, б).

В указанных начальных условиях запаздывание сигнала управления τ_c более 1 секунды приводит к увеличению $\psi_K < 7$ град. Величина τ_c до 3 с практически не сказывается на величине промаха Z_K .

Моделирование с другими начальными условиями при отсутствии качки судна показало:

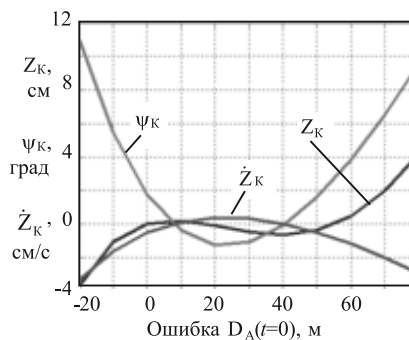
- чем больше начальная дистанция управления, тем больший диапазон допустимых начальных рассогласований по направлению движения БПЛА;

- чем меньше посадочная скорость БПЛА, тем меньше допустимая дистанция начала управления и шире диапазон допустимых начальных рассогласований по направлению движения;

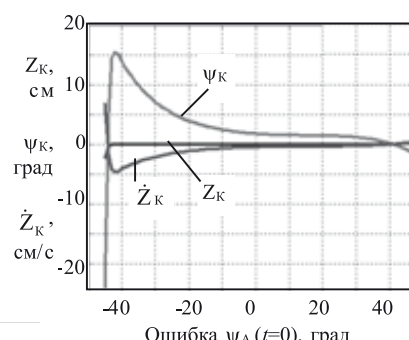
- для принятых в расчетном примере значений параметров системы управления БПЛА минимальная допустимая дистанция начала управления составляет примерно 300 м. При меньших дистанциях начала управления ошибки начальных условий приводят к резкому увеличению промаха и диапазона углов ψ_K подхода БПЛА к посадочному устройству.

УПРАВЛЕНИЕ ПОСАДКОЙ БПЛА В УСЛОВИЯХ КАЧКИ СУДНА

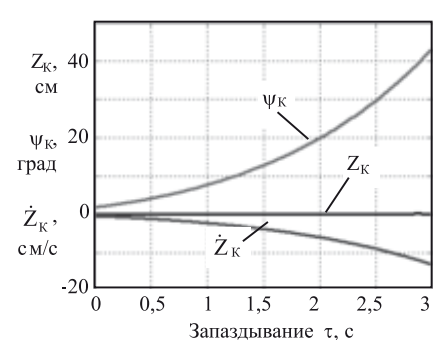
Главной особенностью судовых систем управления посадкой БПЛА является качка, поэтому исследование влияния качки с целью оценки возможности посадки БПЛА и поиск технических путей снижения ее отрицательного влияния являются важной научной и практической задачей.



а)
Рис. 9



б)



в)

В первую очередь ТВК должен обеспечить наблюдение БПЛА в условиях качки судна. В условиях стационарной качки колебания судна описываются четьрьмя составляющими:

$$\begin{aligned} \text{бортовая качка } \gamma_{\text{кч}} &= \gamma_M \sin(\omega_\gamma t + \varphi_\gamma); \\ \text{килевая качка } \vartheta_{\text{кч}} &= \vartheta_M \sin(\omega_\vartheta t + \varphi_\vartheta); \\ \text{колебания рыскания судна} \\ \psi_{\text{кч}} &= \psi_M \sin(\omega_\psi t + \varphi_\psi); \\ \text{вертикальные колебания центра} \\ \text{масс судна } h_{\text{кч}} &= h_M \sin(\omega_h t + \varphi_h), \end{aligned}$$

где $\gamma_M, \vartheta_M, \psi_M, h_M$ – амплитуды колебаний; $\omega_\gamma, \omega_\vartheta, \omega_\psi, \omega_h$ – частота колебаний; $\varphi_\gamma, \varphi_\vartheta, \varphi_\psi, \varphi_h$ – фазовые углы, соответствующие начальному (или другому заданному) моменту наблюдения колебаний.

Требуемое поле зрения ТВК в вертикальной $\Theta_{0\vartheta}$ и горизонтальной $\Theta_{0\psi}$ плоскостях для обнаружения и сопровождения БПЛА в условиях качки (11) определяется соотношениями:

$$\begin{aligned} \Theta_{0\vartheta} &\geq \Theta_{\vartheta} + 2\vartheta_M + \Theta_{\text{см}\vartheta} + \Theta_{\text{см}\vartheta\gamma}; \\ \Theta_{0\psi} &\geq \Theta_{\psi} + 2\psi_M + \Theta_{\text{см}\psi} + \Theta_{\text{см}\psi\gamma}, \end{aligned}$$

где $\Theta_{\vartheta}, \Theta_{\psi}$ – размеры поля зрения ТВК, необходимые для обнаружения и сопровождения БПЛА, наблюдаемые на мониторе и указанные в (2), (4) и (6); $\Theta_{\text{см}\vartheta} = (2h_M + 2y_{\text{см}\vartheta} + 2y_{\text{см}\psi})/D_A \min$ – необходимое увеличение углового размера поля зрения ТВК за счет вертикального смещения приемного устройства при качке. Здесь $y_{\text{см}\vartheta} = \pm R_{\vartheta} \sin \vartheta_M$ – смещение приемной системы ТВК в вертикальной плоскости, за счет килевой качки, где R_{ϑ} – расстояние от приемной системы ТВК до оси килевой качки; $y_{\text{см}\psi} = \pm R_{\psi} \sin \psi_M$ – смещение приемной системы ТВК в вертикальной плоскости, за счет бортовой качки с амплитудой ψ_M , R_{ψ} – расстояние от приемной системы ТВК до оси бортовой качки, $D_{\text{Аmin}}$ – минимальная дистанция сопровождения БПЛА; $\Theta_{\text{см}\psi} = (2z_{\text{см}\psi} + 2z_{\text{см}\gamma})/D_{\text{Аmin}}$ – необходимое увеличение углового размера поля зрения ТВК за счет горизонтального смещения приемного устройства при качке, где $z_{\text{см}\gamma} = \pm R_{\gamma} (1 - \cos \gamma_M)$ – горизонтальное смещение ТВК за счет бортовой качки, $z_{\text{см}\psi} = \pm R_{\psi} \sin \psi_M$ – горизонтальное смещение ТВК за счет колебаний рыскания, R_{ψ} – расстояние от приемной системы ТВК до оси колебаний рыскания судна.

Для наблюдения на мониторе метки БПЛА и точки прицеливания в неподвижной системе координат, соответствующей состоянию судна без поворота раstra, вызванного бортовой качкой, необходимо провести пересчет их положения относительно оси оптической системы, соответствующий обратному повороту раstra отображения поля зрения на мониторе ТВК на угол $\gamma_{\text{кч}}$. Это также приведет к необходимости расширения поля зрения ТВК и смещению изображения на мониторе на величину $\Theta_{\text{см}\vartheta\gamma}$ в вертикальной и на $\Theta_{\text{см}\psi\gamma}$ в горизонтальной плоскостях:

$$\begin{aligned} \Theta_{\text{см}\vartheta\gamma} &= r_A (\sin(\gamma_{\text{ст}} + \gamma_{\text{кч}}) - \sin \gamma_{\text{ст}}); \\ \Theta_{\text{см}\psi\gamma} &= r_A (\cos(\gamma_{\text{ст}} + \gamma_{\text{кч}}) - \cos \gamma_{\text{ст}}), \end{aligned} \quad (13)$$

где r_A и $\gamma_{\text{ст}}$ – модуль и аргумент углового положения БПЛА относительно приемной системы ТВК при отсутствии бортовой качки судна.

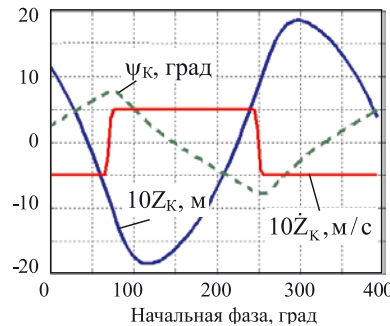
Соотношения (13) с учетом (6) показывают, что поле зрения ТВК при качке судна должно составлять порядка 40–60 угл. град.

Возможности и аппаратные средства межкадровой обработки, стабилизации фрагмента телевизионного раstra с наблюдением изображения БПЛА, его метки и метки точки прицеливания рассмотрены, например, в [1].

Для оценки точности приведения БПЛА в условиях качки примем, что точка прицеливания колеблется относительно своего статического (без качки) положения в горизонтальной $Z_{\text{кч}}(t)$ и вертикальной $Y_{\text{кч}}(t)$ плоскостях под действием качки судна (11).

$$\begin{aligned} Z_{\text{кч}}(t) &= Z_{\gamma_{\text{ст}}} \sin(\omega_\gamma t + \varphi_\gamma) + Z_{\psi_{\text{ст}}} \sin(\omega_\psi t + \varphi_\psi); \\ Y_{\text{кч}}(t) &= Y_{\gamma_{\text{ст}}} \sin(\omega_\gamma t + \varphi_\gamma) + Y_{\vartheta_{\text{ст}}} \sin(\omega_\vartheta t + \varphi_\vartheta) + \\ &+ Y_{h_{\text{ст}}} \sin(\omega_h t + \varphi_h), \end{aligned}$$

где $Z_{\gamma_{\text{ст}}}, Z_{\psi_{\text{ст}}}, Y_{\gamma_{\text{ст}}}, Y_{\vartheta_{\text{ст}}}, Y_{h_{\text{ст}}}$ – амплитуды колебаний точки прицеливания посадочного устройства в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Их значе-



а)
Рис. 10

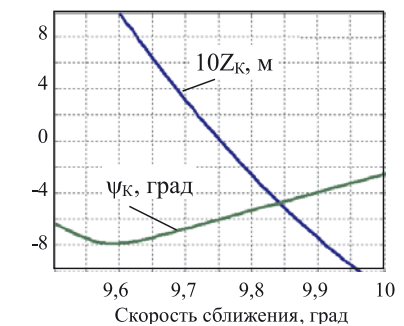
промах БПЛА. На рис. 10, а приведены зависимости величины промаха $Z_{\text{кч}}$, значение угла $\psi_{\text{кч}}$ подхода БПЛА к точке прицеливания, а также скорость бокового движения $Z_{\text{кч}}$ в зависимости от начальной фазы колебаний φ_γ при ограничении на скорость ψ_H разворота БПЛА 5 град./с.

Отметим, что фаза φ_γ является случайной величиной, распределенной равномерно в диапазоне $\pm\pi$. Однако промах можно свести к нулю при некоторых значениях начальной фазы $\varphi_\gamma(t=0)$ колебаний бортовой качки при $Z_{\psi_{\text{ст}}} = 0$.

Максимальная величина промаха достигает примерно 2 м при амплитуде колебаний точки прицеливания 1 м.

При изменении ограничения на максимальную скорость ψ_H разворота БПЛА с 0,05 рад/с до 0,2 град/с угол подхода к посадочному устройству уменьшается (с 15 до 7 градусов), а величина промаха увеличивается (с 1,6 до 1,8 м).

Можно добиться минимального промаха, изменяя скорость сближения, зная начальную фазу и частоту колебаний качки. Для прежних исходных данных зависимость промаха от скорости сближения показана на рис. 10, б.



б)

ния определяются амплитудой угловой качки и конструктивным расположением точки прицеливания относительно осей качки судна.

Оценку точности приведения БПЛА в условиях качки проведем при помощи моделирование процесса сближения БПЛА с судном в горизонтальной плоскости. Примем, что точка прицеливания колеблется с периодом $T_\gamma = (5 - 15)$ с амплитудой $Z_{\gamma_{\text{ст}}} = 1$ м и периодом $T_\psi = (30 - 40)$ с амплитудой 0,25 м. Параметры системы, начальные условия и алгоритм управления сближением указаны ранее.

Во время качки угловое рассогласование точки прицеливания и БПЛА сигнал управления ψ_γ направлением летательного аппарата на точку прицеливания вместо (9) определяется соответственно

$$\psi_\gamma(t) = k_\gamma \arctg((z_A(t) + Z_{\text{кч}}(t))/x_A(t)). \quad (15)$$

Моделирование показывает, что качка оказывает существенное влияние на

Для обеспечения ошибки $Z_{\text{кч}}$ в пределах ± 10 см в принятых условиях необходимо поддерживать скорость сближения в пределах 9,75–10,025 м/с, т.е. с точностью 0,25%.

Моделирование показывает, что управление прицеливанием при качке (попадание в зону ± 100 мм) требует измерения начальной фазы колебаний с точностью ± 2 градуса и изменения скорости сближения с точностью 0,03 м/с при номинальной скорости сближения 10 м/с. Без принятия дополнительных мер посадка БПЛА в условиях качки рассматриваемым способом становится практически нереализуемой.

Рассмотрим возможности снижения промаха в условиях качки при помощи прогноза его величины и соответствующей компенсации в законе управления. Определим прогнозируемое положение точки прицеливания $Z_{\text{пр}}$ в момент начала управления (при $t=0$) в соответствии с (14):

$$Z_{np}(t=0) = Z_{y_{max}} \sin(\omega_y t_K + \varphi_y) + Z_{\psi_{max}} \sin(\omega_\psi t_K + \varphi_\psi), \quad (16)$$

где $t_K = D_A(t=0)/V_{АН}$ – время подхода БПЛА к точке прицеливания.

Величина прогнозируемого смещения точки прицеливания (16) вводится в закон управления (9):

$$\psi_y(t) = k_y \arctg((z_A(t) + Z_{np}(t=0))/x_A(t)). \quad (17)$$

В этом случае удается снизить величину фактического промаха примерно на порядок. При отсутствии погрешности измерения всех параметров величина Z_K снизилась, например, с 1,8 до 21 см. Методическая погрешность этого метода в неточности определения времени t_K , т.к. траектория движения БПЛА отличается от прямой линии.

Дальнейшее увеличение точности приведения БПЛА к точке прицеливания достигается периодическим вычислением и уточнением времени $t_K = D_A(t)/V_{АН}$, оставшегося до сцепления, и значения $Z_{np}(t)$ во время сближения БПЛА с судном:

$$Z_{np}(t) = Z_{y_{max}} \sin(\omega_y t_K + \varphi_y) + Z_{\psi_{max}} \sin(\omega_\psi t_K + \varphi_\psi);$$

$$\psi_y(t) = k_y \arctg((z_A(t) + Z_{np}(t))/x_A(t)).$$

В тех же условиях и законе управления (17) при отсутствии ошибок измерения параметров качки величина промаха менее 0,1 мм и определяется погрешностью вычислений.

Оценим влияние погрешностей измерителей на величину промаха, которая существенно зависит от параметров колебаний точки прицеливания в конечный момент времени t_K .

Наглядно поясним это при помощи рис. 11, где показана одна гармоника колебаний точки прицеливания $Z_{кч} = A \sin \varphi_{кч}$.

Если допустимый промах Z_K составляет $\pm 0,05$ м, а амплитуда колебаний качки $A=1$ м, то при фазе колебаний $\varphi_{кч}$, близкой к некральному целому числу $\pi/2$ ($Z_{кч}(t_K) \approx A$), допустимая погрешность измерения фазы составляет $\pm 0,45$ рад. При фазе колебаний кратной π ($Z_{кч}(t_K) \approx 0$) допустимая погрешность составляет $\pm 0,1$ рад.

Влияние погрешности измерения амплитуды ΔA колебаний на величину промаха Z_K имеет противоположную тенденцию.

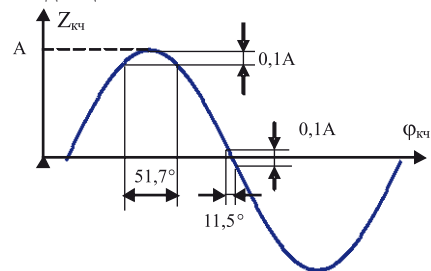


Рис. 11

$$Z_K \approx Z_{кч}(t_K) \Delta A / A.$$

Влияние погрешности измерения частоты колебаний качки $\Delta \omega_{кч}$ приводит к дополнительной погрешности измерения фазы $\Delta \varphi_{кч}$.

$$\Delta \varphi_{кч} = \Delta \omega_{кч} (t_K - t),$$

где t – момент времени измерения частоты для определения прогноза $Z_{np}(t)$ смещения точки прицеливания.

Например, при погрешности 1% измерения периода качки, равного 10 с, за все время сближения $t_K = 50$ с набег фазы $\Delta \varphi_{кч} = \pm 0,1$ рад. При коррекции $Z_{np}(t)$ за $t_K - t = 5$ с допустимая погрешность измерения периода качки составит 10%.

Влияние запаздывания τ_c на величину промаха Z_K сводится к изменению параметров качки и скорости $V_{АН}$ сближения БПЛА с судном. Если эти условия не изменились, то справедливы оценки, сделанные ранее (рис. 9,в), т.е. допустимо запаздывание $\tau_c < 3$ с. Если параметры качки и $V_{АН}$ во время сближения БПЛА с судном меняются, то допустимое значение τ_c снижается до десятых долей секунды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показывают возможность и технические пути обеспечения посадки БПЛА на движущееся судно.

Предложенная информационно-управляющая система автоматического и автоматизированного управления посадкой БПЛА на движущееся судно требует установки на судне аппаратуры ТВК и дальномера, с дальностью обнаружения БПЛА не менее 500 м, но и не требует установки дополнительного бортового оборудования на БПЛА.

Для обеспечения посадки БПЛА в плохих погодных условиях и в ночное время требуется установка на БПЛА светового фонаря и светового отражателя, которые обеспечат обнаружение БПЛА на дальности не менее 500 м.

На борту БПЛА по радиолинии связи передаются два управляющих сигнала, соответствующих направлению движения в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Они обеспечивают приведение БПЛА к посадочному устройству на движущееся судно в условиях качки.

Измерение параметров движения БПЛА и формирование сигналов управления производится на борту судна по данным ТВК и навигационного оборудования судна. В условиях качки судна наилучшие результаты по точности приведения БПЛА к заданной точке посадочного устройства дает алгоритм управления с периодическим прогнозом смещения этой точки в момент сцепления с посадочным устройством.

Моделирование системы управления в горизонтальной плоскости и приведенные численные расчеты показали, что предложенная система управления позволяет обеспечить в условиях колебания посадочного устройства с амплитудой 1 м приведение БПЛА в точку прицеливания с ошибкой не более 10 см при погрешности измерения фазы колебаний качки до 10 угловых градусов и амплитуды до 10%.

Для получения допусков на точность измерения навигационных параметров судна и внешних условий, при которых достигается необходимая точность приведения конкретного БПЛА к посадочному устройству, необходимо уточнить:

- модель бортовой системы управления БПЛА,
- дальность обнаружения БПЛА телевизионным координатором и дальномером,
- ошибки измерения углового положения БПЛА с учетом возможного «смаза» изображения при больших скоростях сближения его с судном.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проблемы посадки беспилотных летательных аппаратов на движущееся судно и технические пути их решения / Ю.Ф. Подоплекин, С.Н. Шаров, Е.С. Петухова, М.С. Дворяшин, В.В. Соловьева. – Сб. статей под ред. С.Н. Шарова, – СПб.: Балт. гос. техн. ун-т, 2010. – 104 с.
2. Дремлюга Г.П., Есин С.А., Иванов Ю.Л., Лященко В.А. Беспилотные летательные аппараты: Состояние и тенденции развития / Под ред. Ю.Л. Иванова. – М.: ЛА «Варяг», 2004. – 176 с.
3. Подоплекин Ю.Ф., Шаров С.Н. Системный анализ аппаратуры управления беспилотного летательного аппарата судового базирования. – Сб. ст. «Вклад научно-технической общественности в развитие отечественного судостроения и укрепление обороноспособности России» / НТО судостроителей. – СПб.: Остров, 2008. – С. 106 – 117.
4. Шаров С.Н. Локационные управляющие системы беспилотных летательных аппаратов. – СПб.: Балт. гос. техн. ун-т. 2009. – 332 с.
5. Госсорг Ж. Инфракрасная термография / Под ред. чл.-корр. АН СССР Л.Н. Курбатова. – М.: Мир, 1988. – 399 с.
6. Боднер В.А. Системы управления летательными аппаратами. – М.: Машиностроение, 1973. – 504 с. ■

Увеличение количества систем связи и навигации, используемых на судах, повышение уровня автоматизации всех процессов судовождения (обмена информацией, обработки, отображения данных и т.д.) в условиях значительного роста судового трафика может привести к увеличению числа ошибок судоводителей при решении задач предупреждения столкновений и росту аварийности флота. Для этого необходима реализация технологии комплексного объединения навигационных и информационных средств, унификации и интеграции оборудования, а также применение его по единым стандартам и процедурам.

Учитывая особую значимость данной проблемы, Международная морская организация (ИМО) на 85-й сессии Комитета по безопасности мореплавания в декабре 2008 г. приняла как одно из наиболее приоритетных направлений своей работы стратегию электронной навигации (Е-навигации). Ее целью является разработка новой технологии, основанной на использовании существующих и разрабатываемых навигационных инструментов, в первую очередь электронных средств навигации и связи для обеспечения гармонизированного сбора, обработки и представления морской информации на борту судна и на берегу электронными средствами. Основой интеграции средств радиосвязи является система, в которой средства радиосвязи применяются в качестве функциональных устройств и не используются собственные органы управления, а все входные и выходные сигналы подаются с единого пульта управления и отображения информации.

Ключевое звено интегрированных систем – цифровая аппаратура, построенная на принципах открытой модульной архитектуры со стандартными интерфейсами и единой операционной средой – технология SDR (Software-defined Radio), позволяющая программно конфигурировать технические средства в зависимости от решаемых задач.

Цифровая обработка на различных ступенях сигнального тракта – характерная черта всей профессиональной связной аппаратуры, разрабатываемой в последние годы. Это связано с развитием цифровой элементной базы, главным образом аналого-цифровых (АЦП) и цифроаналоговых (ЦАП) преобразователей. Это позволило по-новому подойти к созданию коротковолнового связного оборудования, внедряя цифровую обработку сигналов в узлы, ранее считавшиеся прерогативой аналоговых устройств.

Структура цифрового коротковолнового радиоприемного устройства с прямым цифровым преобразованием представлена на рис. 1, где АТ – аттенюатор, ФПС – фильтр предварительной селекции, УРЧ – усилитель радиочастоты, ФНЧ – фильтр нижних частот, ПЦОС – предварительная цифровая обработка сигналов (предварительная фильтрация, децимация, формирование квадратурных составляющих и т.д.), ЛВС – локальная вычислительная сеть.

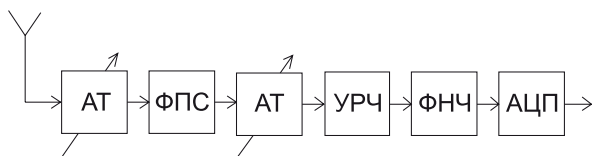


Рис. 1. Структура цифрового коротковолнового радиоприемного устройства

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ МОРСКОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ ПРИ БЕДСТВИИ (ГМССБ) ПВ/КВ ДИАПАЗОНОВ

И.В. Дулькейт, канд. техн. наук, начальник отдела,
К.С. Патронов, канд. техн. наук, начальник отдела,
П.В. Прохоров, канд. техн. наук, начальник отдела,
 ФГУП «Омский научно-исследовательский институт приборостроения»,
В.М. Свирский, начальник отдела ОАО «ЦНИИ «Курс»,
 контакт. тел. 8(499) 748 9990

Сегодня в радиоприемниках с прямым аналого-цифровым преобразованием удается реализовать основные характеристики на 10–15 дБ лучше, чем у приемников, выполненных по классической супергетеродинной схеме.

Рассмотрим, за счет чего это происходит. Известно, что в супергетеродинных приемниках шумы синтезатора частот оказывают влияние на все его основные параметры [1]. Они снижают чувствительность и динамический диапазон по интермодуляционным искажениям, ухудшают эффективную избирательность приемника. Шумы гетеродина особенно сказываются при наличии на входе приемника сосредоточенных помех. Их влияние оценивается с помощью динамической чувствительности.

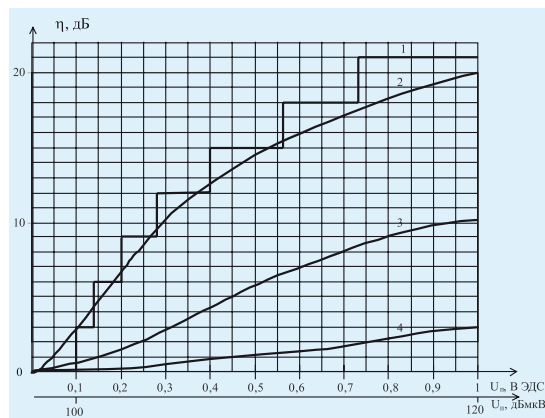


Рис. 2. Зависимость коэффициента ухудшения динамической чувствительности радиоприемника

На рис. 2 приведены полученные аналитическим путем кривые ухудшения динамической чувствительности, цифрового (рис. 2, 1) и супергетеродинного (рис. 2, 2–4 с сигналом гетеродина, имеющего соотношение сигнал/шум 150, 160 и 170 дБ/Гц соответственно) радиоприемников в зависимости от ЭДС помехи на входе [2].

В цифровом приемнике аналогичное влияние на чувствительность оказывает спектральная плотность шумов сигнала дискретизации. Но широкополосный шум сигнала дискретизации может быть уменьшен на 30 дБ и более простым узкополосным фильтром. Динамическая же чувствительность цифрового приемника в реальных условиях определяется, в основном, уровнем напряжения насыщения $U_{\text{АЦП}}$ аналого-цифрового преобразователя, т.е. всегда должно выполняться соотношение

$$U_C \cdot K_{\text{П}} \leq U_{\text{АЦП}}$$

где U_c – напряжение сигнала (помехи) на входе приемника; K_{Π} – коэффициент усиления тракта приемника до АЦП.

Единственный недостаток цифрового радиоприемника – необходимость большего значения избирательности преселектора. Если в супергетеродинной схеме достаточно использовать двухконтурный электронно-перестраиваемый преселектор, то для структуры с прямым аналого-цифровым преобразованием его недостаточно. Расчеты показывают, что избирательность преселектора для тракта, представленного на рис. 1, должна быть не менее 46 дБ.

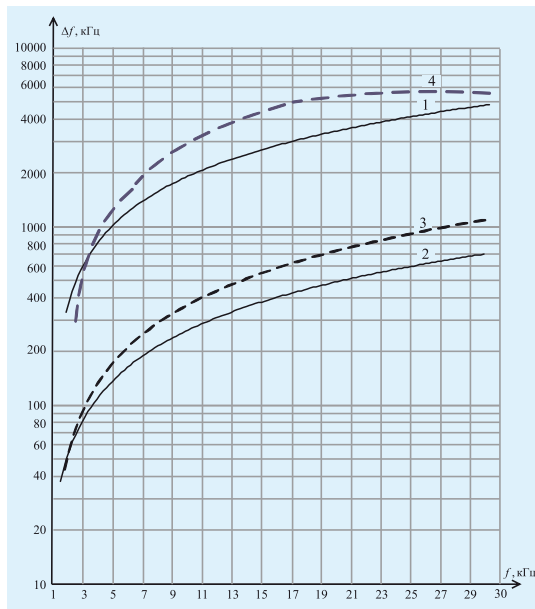


Рис. 3. Характеристики избирательности двух- и четырехконтурного преселектора от частоты настройки

На рис. 3 приведены полосы пропускания Δf в зависимости от частоты настройки f_0 по уровням затухания 3 и 30 дБ для двухконтурного преселектора (рис. 3, 3 и 4) и 3 и 47 дБ для четырехконтурного преселектора (рис. 3, 1 и 2).

Аналогично решающее значение для обеспечения электромагнитной совместимости в составе совмещенного приемопередающего узла радиосвязи имеют шумовые характеристики радиопередатчика. Шумы передатчика приводят к ухудшению реальной чувствительности радиоприемника [3, 4].

На рис. 4 приведена зависимость относительной спектральной плотности шумов радиопередатчика, наводимых на вход радиоприемника на совмещенном приемопередающем узле радиосвязи, приводящих к ухудшению его чувствительности на 3 дБ (в полосе телефонного канала 3,1 кГц при коэффициенте шума радиоприемника $K_{\text{ш}} = 16$ дБ). Из приведенной зависимости видно, что при уровне наводимой помехи 1 В э.д.с. ее спектральная плотность шумов должна быть не хуже 162 дБ/Гц, а при 30 В – соответственно не хуже 192 дБ/Гц.

Основным элементом, определяющим соотношение сигнал/шум передатчика при формировании сигнала возбуждения методом прямого цифрового синтеза, также является система селекции, которая должна содержать не менее четырех-пяти контуров.

Кроме электрических характеристик, обеспечивающих электромагнитную совместимость связанного оборудования интегрированных систем, важное значение имеет их информационная совместимость. Она достигается использованием стандартных интерфейсов, протоколов взаимодействия и единой операционной среды. Система обработки сигналов и управления комплексами морской связи ГМССБ строится на основе стандартного компьютера, имеющего одобрение

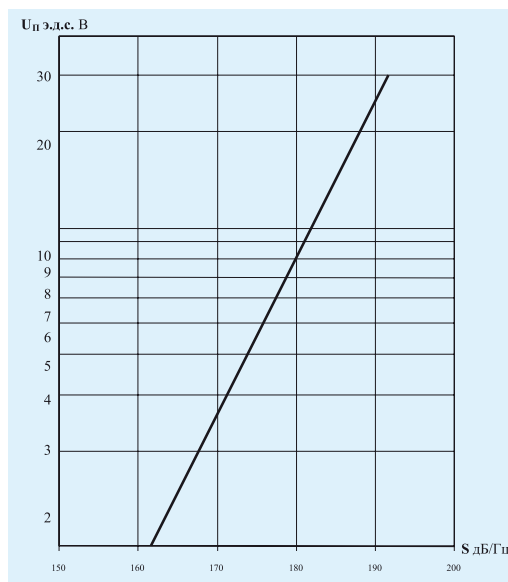


Рис. 4. Зависимость уровня внеполосной помехи, ухудшающей чувствительность радиоприемника на 3 дБ от относительной спектральной плотности ее шумов S (при $K_{\text{ш}} = 16$ дБ)

морского регистра, на котором размещается специальное программное обеспечение для реализации классов излучения J3E, H2A, H3E, J2B, J7B, A1A, F1B, F2C, G1B.

На нем же программно реализуются слежение и сканирование по заранее запрограммированным каналам цифрового избирательного вызова (ЦИВ), а также возможности работы в режимах ARQ, FEC и SELFEC с использованием помехоустойчивого кодирования в соответствии с рекомендацией 625 МККР.

Принципы организации стыка на различных уровнях, определенных моделью OSI, называемой также моделью взаимодействия открытых систем (Open Systems Interconnection – OSI), разработаны Международной Организацией по Стандартам (International Organization for Standardization – ISO). В данном случае определены четыре из семи уровней сетевого взаимодействия, для которых сформулированы стандартные названия и функции, рис. 5.

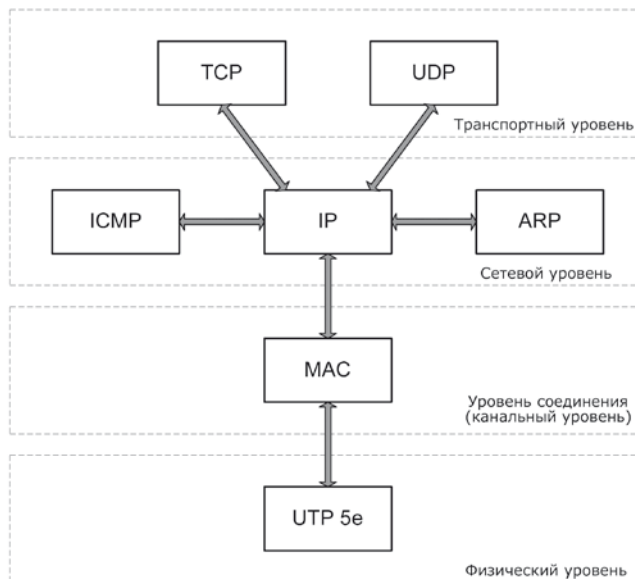


Рис. 5. Уровни сетевого взаимодействия оборудования ГМССБ

Физический и канальный уровни стыка определяются спецификацией IEEE 802.3u. В качестве физической среды передачи данных рекомендуется использовать оптово-



Рис. 6. ПВ/КВ радиооборудование и интегрированные панели управления, обработки сигналов и представления данных

локонный кабель, т.е. физический уровень определяется как 100Base-FX.

На сетевом и транспортном уровнях используется стек протоколов TCP/IP. В том числе на сетевом уровне применяется четвертая версия межсетевого протокола (IPv4). На уровне IP обеспечивается поддержка протоколов ARP и ICMP. На транспортном уровне используется протокол UDP.

На прикладном уровне используется протокол RTP для передачи сигналов в цифровой форме в виде квадратурных составляющих и протокол SNMP версии 2.0 для обмена командами управления между оборудованием и пультом управления и сервером.

Такое построение ПВ/КВ (Промежуточные волны/Короткие волны) приемных и передающих модулей позволяет интегрировать их в единую систему не только по каналам управления оборудованием, но и по сигналам на додетекторном уровне (рис. 6).

ВЫВОДЫ

Использование для создания аппаратуры ГМССБ современных цифровых технологий и модульного построения аппаратной части позволит формировать ПВ/КВ оборудование из стандартных модулей, что значительно снизит стоимость самой аппаратуры и затраты на ее эксплуатацию.

Использование модульного программного обеспечения с открытой архитектурой, автоматическим распознаванием подключаемых модулей, стандартными интерфейсами и единой операционной средой способствует интеграции системы связи с другим судовым радиооборудовани-

ем, для которого система связи становится всего лишь программной опцией.

Возможность программного реконфигурирования связанного оборудования позволит изменять его функциональные возможности, например, при изменении нормативных документов, не затрагивая аппаратной части, корректировать только программное обеспечение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хазан Г.К. Влияние шумов гетеродина на параметры радиоприемного устройства // Вопросы радиоэлектроники. Сер. ТРС. – 1971. – Вып. 3. – С. 52–64.
2. Банников И.М., Валеев М.М., Хазан Г.К. Новое поколение цифровых приемников КВ диапазона для современных комплексов радиоприема и радиомониторинга. – Труды 13-й Международ. науч.-техн. конференции «Радиолокация, навигация, связь». – Воронеж. – 2007. – Т. 2 – С. 1270–1276.
3. Дулькейт И.В., Левченко В.И., Хазан Г.К. Современные приемопередающие устройства декаметрового диапазона и анализ требований, предъявляемых к ним // Техника радиосвязи. Сер. ТРС. – 1998. – № 4. – С. 3–12.
4. Левченко В.И., Банников И.М., Дулькейт И.В., Хазан Г.К. Научно-технические технологии радиоприемных и приемопередающих устройств. – Сб. докл. технологического конгресса «Современные технологии и создание продукции военного и гражданского назначения». – Омск, 2001. – Ч. 1. – С. 269–272. ■

Вторая мировая война и последующие военные конфликты в различных районах земного шара показали, что минное оружие – грозное и достаточно эффективное средство борьбы, способное существенно влиять на ход боевых действий на море. Как заявляют военноморские специалисты НАТО, приоритет в условиях возросшей минной опасности следует отдавать современным тральщикам [1]. Причем тральщики кроме траления мин способны выполнять и другие, не вполне свойственные этому классу кораблей задачи, а именно: конвоирование морских объектов, охрана военно-морских баз, борьба с пиратством и др. В частности, к последним официально зарегистрированным военным конфликтам наших кораблей на море, можно отнести боевые действия тральщика Краснознаменного Черноморского флота МТ «Разведчик», входившего в состав 8-й оперативной эскадры, базировавшейся в Красном море на архипелаге Дахлак [2]:

– 14 мая 1990 г. бой одновременно с четырьмя катерами национального фронта освобождения Эритреи (Эфиопия);

– 3 ноября 1991 г. бой одновременно с тремя сторожевыми кораблями испанской постройки береговой охраны ВМС Марокко.

Победы МТ «Разведчик» в этих неравных боях свидетельствуют об однозначном приоритете отечественного оружия и уровня боевой подготовленности экипажей.

В последнее время активизация действий надводных кораблей ВМФ, резкое увеличение продолжительности выполняемых ими боевых походов (СКР «Неустрасимый»), выход на просторы Мирового океана, в регионы с самым разнообразным климатом ставят перед судостроителями и судоремонтниками актуальнейшую задачу улучшения обитаемости экипажей кораблей. Морские конфликты продолжаются и в XXI в. (Сомали, Абхазия и др.). В частности, пираты существуют ровно столько, сколько и торговое мореходство. Сторожевой корабль «Неустрасимый» сейчас патрулирует район Африканского Рога [3], опасный из-за частых нападений сомалийских пиратов. Российский ВМФ будет присутствовать в этом районе с целью обеспечения безопасности судоходства. В зависимости от ситуации там в разное время может быть один или даже несколько кораблей ВМФ. Для выполнения этой задачи наиболее подходят сторожевые корабли и тральщики.

Проходить мимо Аденского залива гражданским судам все труднее. СКР «Неустрасимый» уже дважды фактически отбивал гражданские суда у пиратских ботов, с которых осуществлялись попытки постановки плавучих мин для «запирания судов в ловушку». Данный случай свидетельствует о необходимости присутствия минно-тральных сил в регионе.

После «Неустрасимого» в этот район будут направляться корабли других флотов, в том числе и минно-тральные

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСТРУБНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ В МАШИННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ ТРАЛЬЩИКОВ

С.Н. Рытков, канд. техн. наук, ст. преподаватель «Севмашвуза», г. Северодвинск, контакт. тел. (8184) 584582

как наиболее экономичные и достаточно вооруженные.

Сейчас разрабатывается более детальный план антипиратской операции в Аденском заливе, в которой будут участвовать корабли Черноморского и Балтийского флотов. Страны Евросоюза планируют военную операцию против сомалийских пиратов в районе Аденского залива. Двадцать семь стран – членов ЕС решили направить для борьбы с пиратами 8–10 боевых кораблей. Совет Безопасности ООН принял резолюцию, которая предусматривает ужесточение санкций против морских разбойников.

Властям Сомали выгодно присутствие в регионе кораблей российского ВМФ в рамках стратегического партнерства.

В этом регионе тропический климат, характеризующийся повышенной температурой и влажностью атмосферного воздуха. Специфика микроклимата корабельных и судовых помещений определяется их изолированностью от наружного атмосферного воздуха, зачастую малыми объемами и относительно большим количеством находящихся в них людей, насыщенностью всевозможными механизмами, системами, устройствами и приборами, разнообразием перевозимых грузов, особенностями морского климата.

Корабли и суда иногда за сравнительно короткий срок совершают переходы из одних климатических зон в другие, например, из Арктики или Антарктики в тропики, и наоборот. Во всех случаях морской воздух обладает высокой относительной влажностью – до 70–90% и более. Сочетание такой влажности с высокой или низкой температурами может привести к нарушению терморегуляторных процессов у человека. Так, например, в районе тропиков у людей, особенно впервые оказавшихся в этих климатических условиях, повышается температура, нарушается обмен веществ, появляется раздражительность, резко снижается работоспособность. Здоровый человек не испытывает неприятных ощущений лишь тогда, когда амплитуда изменения параметров внешней среды не превышает эволюционно выработанных адаптационных возможностей организма.

Воздушная среда корабельных и судовых помещений оценивается ее чистотой и качеством. Чистота воздуха зависит от степени его загрязнения газами и взвешенными примесями, а качество – степени сохранения своих природных свойств. Чистота и качество воздуха судовых помещений зависят также от свойств наружного воздуха и посту-

пающих продуктов эндогенного (от человека) и экзогенного (природного и искусственного) происхождения.

В зависимости от интенсивности выполняемой работы человек потребляет с вдыхаемым воздухом 20 л и более кислорода в час. При этом он выдыхает 18–36 л углекислого газа (CO_2), выделяет 40–415 г влаги, а также 330–1050 кДж теплоты, кишечные газы, некоторые вредные вещества (аммиак, аммонийные соединения, жирные летучие кислоты, органические вещества и др.). Вредные выделения человека пропорциональны количеству выдыхаемого им CO_2 , которое, в свою очередь, зависит от интенсивности выполняемой работы и времени пребывания человека в помещении.

Несколько различные подходы существуют к определению потребления человеком кислорода O_2 . Так, американские специалисты считают, что интенсивность потребления O_2 человеком зависит от парциального давления, а не от процентного его содержания. Поэтому на АПЛ США в аварийных случаях допускается понижение содержания кислорода в отсеках до 15–17% с одновременным увеличением давления в отсеках. Подобные испытания были проведены на американских АПЛ «Sea Wolf» и «Skate». В отечественной практике принято определять количество потребления O_2 и выделения CO_2 человеком в зависимости от испытываемой физической нагрузки.

Для обеспечения нормальных условий жизнедеятельности членов экипажа в атмосфере отсеков и помещений необходимо поддерживать концентрации кислорода, углекислого газа и различных вредных примесей в определенных пределах. Понижение или повышение содержания O_2 отрицательно сказывается на самочувствии человека. Многолетние наблюдения за состоянием здоровья членов экипажа показали, что нормальные условия обитаемости обеспечиваются при содержании O_2 в пределах 19–24% [4].

Состав продуктов экзогенного происхождения на кораблях и судах весьма разнообразен. В результате испарений и неполного сгорания топлива и масел воздух корабельных и судовых помещений может быть загрязнен углеводородом, окислами углерода и азота, сернистыми соединениями, CO_2 ; на кораблях и судах, имеющих холодильные установки, – аммиаком и фреоном; на рыбоперерабатывающих судах, – акролеином и летучими жирными кислотами.

На ухудшение качества воздуха в корабельных и судовых помещениях влияет увеличение числа тяжелых по-

ложительно заряженных ионов и снижение концентрации озона вследствие движения воздуха по вентиляционным каналам, а также в результате воздействия электрических полей, образующихся при работе электро- и радиоборудования, и электрических зарядов, накапливающихся на поверхностях отделочных полимерных материалов.

Вредные газовые загрязнения, содержащиеся в воздухе и превышающие предельно допустимые концентрации (ПДК), оказывают ярко выраженное отрицательное воздействие на организм человека. Нормирование ПДК газов, пыли и аэрозолей в корабельных и судовых помещениях проводится в соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями, изложенными в государственных и отраслевых стандартах, санитарных правилах. При этом исходят из того, чтобы эти концентрации не вызвали заболеваний или отклонений в состоянии здоровья и не приводили бы к снижению работоспособности членов экипажа.

Углекислый газ в определенной концентрации способствует регуляции дыхания, кровообращения, газообмена и т.п. Недостаток CO_2 (менее 0,03% по объему) нарушает эти процессы. Допустимая концентрация CO_2 зависит от времени воздействия. Так, в течение 10 с для человека допустима концентрация CO_2 , равная 13% (парциальное давление $P_{\text{O}_2} = 13,3 \text{ кПа}$), а в течение суток – 2,6% ($P_{\text{O}_2} = 2,67 \text{ кПа}$). Длительное нахождение человека в помещении с концентрацией CO_2 , равной 1% вызывает одышку, более 1,5% – наркотическое состояние, при 3–4% человек теряет способность ясно мыслить, при 10% теряет сознание, при 20% и чуть более – умирает. ПДК CO_2 принимается равной 0,1%. Комфортным же условиям соответствует концентрация CO_2 , равная 0,04–0,050 % при $P_{\text{O}_2} = 0,04\text{--}0,51 \text{ кПа}$. Чистота воздуха на кораблях и судах нормируется кратностью воздухообмена, исходя из ПДК CO_2 [4].

Оксид углерода CO (угарный газ или кровяной яд) даже при небольшой концентрации (0,1%) вызывает нарушение тканевого дыхания и функций центральной нервной системы. Человек при этом погибает от удушья, хотя кислород в легкие поступает в достаточном количестве.

Оксид азота NO действует на нервную систему человека и кровь, вступая в реакцию с гемоглобином, вызывает головкружение, общую слабость и тошноту. Двуокись азота NO_2 обладает раздражающим действием, поражает глубокие отделы органов дыхания. Аналогичную картину поражения с преобладанием раздражения верхних дыхательных путей вызывает аммиак NH_3 . Его постоянное воздействие способствует развитию хронических бронхитов и конъюнктивитов.

Токсическое воздействие на человека при превышении ПДК оказывают также сернистый газ и другие соединения серы, фтористый водород, пары свинца, ртути и ряда других веществ. Промышленная

пыль в корабельных и судовых помещениях может способствовать развитию бронхитов, астматических реакций, дерматитов, а наличие в воздухе микробной флоры может вызывать вспышку инфекционных заболеваний и порчу пищевой продукции.

Кроме количественного состава и чистоты воздуха микроклимат корабельных и судовых помещений в значительной степени зависит от размещения в них источников тепло-, влаго- и газовой выделений. Мощными источниками тепловыделения являются энергетическое, теплотехническое, бытовое, производственное, радиотехническое и электронное оборудование. Производственное, бытовое, камбузное оборудование, а также влажный наружный воздух служат источниками влаговыделений. О тепло-, влаго- и газовой выделении людей уже сказано.

Микроклимат корабельных и судовых помещений непосредственно сказывается на теплоощущениях человека. В результате теплогенерации и теплопотерь внутренняя температура тела здорового человека поддерживается на постоянном уровне 36,6–36,8 °С. Его проживание и работа в условиях высоких температур приводит к развитию астенических реакций, снижению кровотока, нарушению водно-солевого обмена, вегетативным расстройствам, возможно возникновению тепловых ударов. Низкие температуры способствуют появлению гипертонических реакций, усиленному диурезу, ослаблению защитных свойств организма. Такие параметры воздуха, как влажность, подвижность и уровень радиационного теплообмена, даже при постоянной температуре воздуха могут изменять теплоощущения человека и усугублять охлаждающее или нагревающее действие.

Параметры воздуха в корабельных и судовых помещениях регламентируются Санитарными правилами [5]. Для обеспечения равномерного распределения температурных полей разность температур воздуха по вертикали и горизонтали не должна превышать 2 °С. Независимо от района плавания влажность должна находиться в пределах 40–60%. Разность температур воздуха в помещении и охлаждающего воздуха, направленного на людей при душировании, не должна превышать 5 °С. Скорость перемещения воздуха в помещении принимается равной 0,15 м/с. При душировании скорость направленного на людей потока воздуха может достигать 0,3–0,5 м/с, если температура душирующего потока равна 25–27 °С. Максимальная разность температур приточного воздуха и воздуха помещений (при высоких температурах наружного воздуха) не должна превышать 7–13 °С. Возможно использование до 30% воздуха помещений для рециркуляции, при условии отсутствия в нем вредных примесей.

Для обеспечения требуемого качества воздуха в корабельных и судовых помещениях по газовому составу Санитарными правилами оговаривается минимальное количество наружного воздуха в помещении: для жилых и служебных

воздухообмен составляет – 33 м³/(чел.-ч); для общественных – 20 м³/(чел.-ч). Критерием для нормирования содержания в воздухе жилых и служебных помещений посторонних газов служит содержание в нем CO_2 .

Наиболее важными из предъявляемых к тральщикам требований являются: низкий уровень физических полей, высокая маневренность во время поиска и уничтожения мин, а также удароудароустойчивость и относительно низкая стоимость. Немагнитная сталь для корпуса выбрана как успешно показавшая себя на подводных лодках. В кормовой части тральщиков расположены кранбалки для постановки и выборки тралов, лебедки и вышки для контактного, магнитного и акустического тралов. По длине корпус разделен водонепроницаемыми переборками на большое количество отсеков. Корабль остается на плаву при затоплении двух смежных отсеков. Энергетическое оборудование смонтировано, как правило, на «отключенных фундаментах» для повышения удароустойчивости, в результате чего одновременно снижаются уровни вибрации и шумоизлучения.

Среди энергетических установок предпочтение отдано дизелям, чему способствует их высокая экономичность практически во всем диапазоне нагрузок, удовлетворительные массогабаритные характеристики и относительная простота обслуживания. Три дизель-генератора вырабатывают переменный ток. Машинные помещения оснащены системой вентиляции, имеющей следующие недостатки [6], характерные для большинства кораблей малого и среднего водоизмещения:

- образование «застойных» зон с повышенной концентрацией вредных веществ за обтекаемыми препятствиями, а также в углах и нишах удаленных от центральной оси, подаваемой струи;

- дополнительная затесненность помещений вентиляционными трубопроводами;

- необходимость использования больших скоростей потока воздуха для равномерного качественного вентилирования всего объема помещения;

- высокие уровни воздушного шума и неоправданные аэродинамические потери, связанные с использованием многочисленных изогнутых труб и тройников, больших скоростей потока воздуха для регулирования его расхода запорной арматуры и напора – дроссельных шайб.

Исследования по повышению эффективности вентиляции машинных помещений кораблей базировались комплексных теоретических разработках и на лабораторных экспериментах. Результаты исследований были опробованы в натурных условиях машинного помещения морского тральщика пр. 1332 (рис. 1), элементы оборудования которого образуют русловый межмашинный канал (ММК). Стенки канала образованы главным двигателем (ГД), дизель-генератором (ДГ) и валогенератором (ВГ). Началом координат

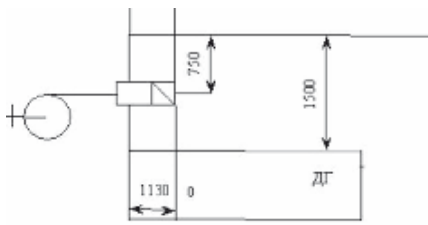


Рис. 1. Положение воздухоподводящего сопла в межмашинном канале

нат – центр сечения сопла, находящегося на высоте 600 мм от настила.

Воздух подводится в канал от вентилятора через сопло Ду 50, установленное в точке начала координат. Для закрутки потока использовался аксиально-лопаточный завихритель (АЛЗ) в обойме [7], которая присоединялась к выходному сечению сопла. Измерения локальных скоростей выполнялись с помощью анемометра.

Зависимость снижения уровня скорости потока вдоль прохода от наклона лопастей АЛЗ представлено на рис. 2.

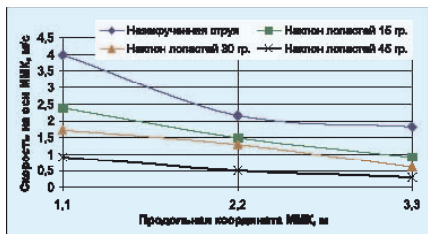


Рис. 2. Скорость течения в проходе

На характере $V(X)$ сказывается величина наклона лопастей к центральной оси АЛЗ. Зависимость $V(X)$ с ростом угла наклона снижается, что свидетельствует о большей устойчивости этих потоков.

Планирование эксперимента осуществлялось в соответствии с планом Песочинского [8]. В качестве целевой функции в проходе канала рассматривалось отношение (V/V_0) локальной скорости на оси прохода к скорости, допустимой санитарными нормами $V_0=0,15$ м/с;

При этом варьировались следующие факторы:

- $X_1 = \alpha = (15-45)^\circ$ – угол наклона лопастей к центральной оси АЛЗ;
- $X_2 = Re = (0,93 - 8,37) 10^4$ – число Re ;
- $X_3 = L = (22,92 - 68,75) d_c$ – расстояние от среза сопла до точки замера скорости, выраженное в диаметрах сопла.

Регрессионное уравнение снижения осевой скорости закрученной струи в проходе имеет вид

$$Y = 16,53 - 9X_2 - 7,91625X_3 - 4,415X_{12} + 3,8175X_{13} - 0,016X_3^2 + 1,8163X_3^3.$$

Раскрытие закрученных струй происходит на меньшем расстоянии X от оси сопла. На раскрытие влияет угол наклона лопастей к центральной оси АЛЗ, причем с ростом угла, продольная координата касания струй стенки канала уменьшается (рис. 3).

Степень заполненности поперечного сечения канала закрученной струей выше, чем незакрученной, причем заполненными потоком оказываются и нижние угловые точки канала (рис. 4).

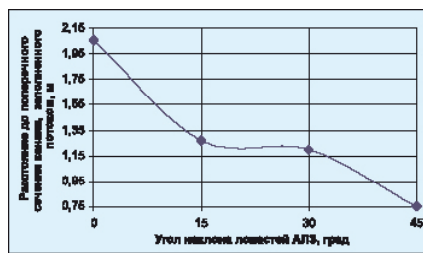


Рис. 3. Зависимость заполнения сечения канала закрученной струей от наклона лопастей АЛЗ

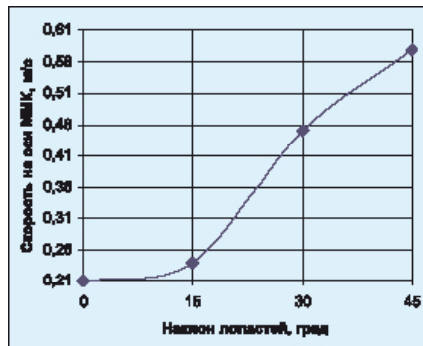


Рис. 4. Зависимость аэродинамической активности в нижней угловой точке от наклона лопастей АЛЗ

В сечениях прохода вниз по потоку от отвода заполнение сечения потоком при закрученных струях выше, чем при незакрученных, причем с ростом угла наклона лопастей к центральной оси АЛЗ, степень заполненности растет (рис. 5).

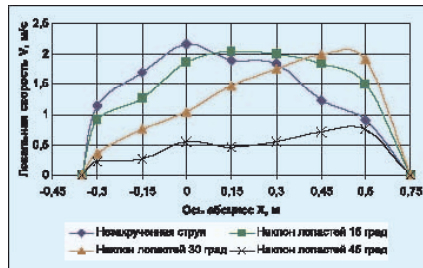


Рис. 5. Распределение локальных скоростей по поперечному сечению канала по горизонтальной оси в зависимости от наклона лопастей АЛЗ

На особенностях распределения скоростей сказывается специфика геометрии канала (отсутствие стенки верхней части), отсюда – смещение максимума распределения скорости наиболее выраженное в закрученных струях. Максимум распределения с ростом угла наклона лопаток АЛЗ смещается в сторону верхнего бокового окна канала, ограниченного верхним настилом канала и крышкой блока цилиндров ДГ или верхней крышкой ВГ.

Частота вращения закрученного потока увеличивается с расходом среды, т.е. с ростом числа Re . Закрутка потока обеспечивает более равномерное распределение скорости по сечению канала. Угол раскрытия закрученной струи превышает таковой незакрученной в 2–3 раза. Уровень избыточных осевых скоростей закрученных струй в 3–6 раз ниже, чем у незакрученных, благодаря чему выполняются санитарные

требования к максимальной скорости потока воздуха. Используемая в системе вентиляции машинных помещений разносторонняя закрутка с ростом расстояния от сопла имеет больший угол раскрытия по сравнению с односторонней.

Резюмируя вышесказанное, можно сделать следующие выводы:

1. Применение беструбной системы вентиляции с использованием разносторонне закрученных струй положительно влияет на обитаемость машинных помещений, за счет улучшения воздухообмена (уменьшения концентрации вредных примесей, снижения влажности, выравнивания температурного поля).
2. Уменьшение избыточных скоростей воздуха вследствие закрутки струй устраняет сквозняки.
3. Возможность низкорасходной подачи воздуха позволяет применять низкопотребные, маломощные вентиляторы, что влечет за собой снижение акустического поля корабля.
4. Отказ от трубопроводов дает экономии дорогостоящего немагнитного и маломангнитного металла, снижает затесненность помещения, уменьшает водоизмещение и гидродинамическое поле корабля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петров Ю.В., Тюрин Б.В. Противоминные корабли ВМС стран НАТО // Зарубежное военное обозрение. – 1986. – №10. – С. 49–55.
2. Иванов В.В. Один против четырех // Морской сборник. – 2004. – № 10. – С. 87–94.
3. Васильев С. У сомалийцев нарасхват! // Красная звезда. – 2008. – 22 ноября.
4. Макаров В.Г., Ситченко Л.С. Судовые системы микроклимата. Вентиляция и отопление помещений: Учеб. пособие. – СПб.: Изд-во СПбГМТУ, 1993. – 125 с.
5. Справочник по гигиене и санитарии на морских судах / Под ред. Ю.М. Стенько и Г.И. Арановича. – Л.: Судостроение, 1989.
6. Никитин В.С., Рытков С.Н. Применение беструбной вентиляции в машинных помещениях малых противолодочных кораблей // Морской вестник. – 2007. – Спец. вып. №4(7). – С. 128–129.
7. Аин Е.М., Агеев А.В., Карелин А.Н., Рытков С.Н. Формирование затопленной, закрученной струи с помощью аксиально-лопаточного завихрителя. – Краткие сообщ. XXIII российской школы по проблемам науки и технологий. РАН: Отделение проблем машиностроения, механики и процессов управления. Межрегиональный совет по науке и технологиям, Екатеринбург, 2003, с. 48–50.
8. Новик Ф.С., Арсов Я.Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов. – М.: Машиностроение. – София. Техника, 1980. – 304 с. ■

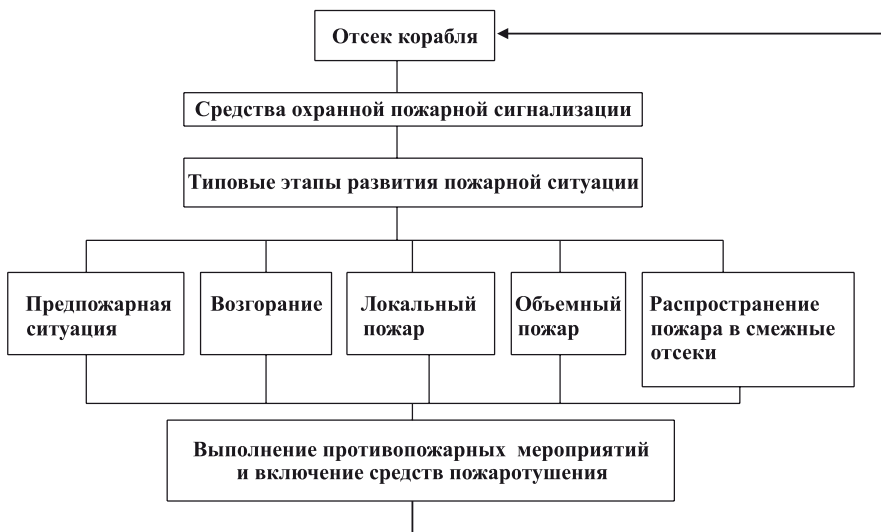
Моделирование процессов управления борьбой с корабельным пожаром на различных стадиях его развития, учитывая трудности их формализации, целесообразно выполнять на основе методов системного анализа с использованием аппарата структурных матриц.

Упрощенная схема этапов возгорания и развития пожара в отсеке корабля показана на функциональной схеме (рис. 1).

Система контроля, сигнализации и управления пожаробезопасностью объекта представлена в виде семи блоков (по числу принятых этапов пожара, каждый из которых характеризуется контролируемыми параметрами в системе охранной пожарной сигнализации, а также параметрами включения средств пожаротушения), входящих в ядро системы. Каждый из них имеет выходные координаты (x_1, x_2, \dots, x_7). На рассматриваемую систему действуют входные воздействия: характеристики средств пожа-

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ПОЖАРООПАСНОЙ СИТУАЦИИ В КОРАБЕЛЬНОМ ОТСЕКЕ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТА СТРУКТУРНЫХ МАТРИЦ

*А.В. Третьяков, начальник отдела ЦКБ МТ «Рубин»,
В.А. Колесник, д-р техн. наук, проф.,
зам. генерального директора НПО «Севзапспецавтоматика»,
контакт. тел. +7 921 341 8771*



ротушения, действия персонала, внешние и внутренние факторы, нормированные требования безопасности, действующие на корабле и т. д., т. е., набор плохо формализованных показателей. Общие выходы системы можно представить в виде оценки температуры в отсеке, характеризующей каждый из этапов пожара. Таким образом, взаимосвязь показателей, характеризующих этапы развития пожара можно представить в виде структурной матрицы (рис. 2).

Функциональной схеме развития пожара (см. рис. 1), таким образом, соответствует структурная матрица, имеющая вид, показанный на рис. 2, где y_1, y_2, y_3 – выходные показатели для каждого этапа. Они характеризуются нормированными параметрами срабатывания средств контроля и сигнализации,

Рис. 1. Функциональная схема развития пожара на объекте, обнаружения его признаков на различных этапах и принятия мер по борьбе с ним

№ п.п.	Процессы	Особенности	Показатели											
			x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	y_1	y_2	y_3		
1	Предупреждение о возможности возгорания	Наличие горючих материалов и окисления, сопротивление изоляции.	×								↙	↙		
2	Предпожарная сигнализация	Нагрев горючих материалов	↘	×							↙			
3	Возгорание	Образование видимого дыма		↘	×								↙	
4	Пожар	Появление пламени			↘	×								↙
5	Объемный пожар	Значительное выделение теплоты				↘	×							↙
6	Распространение пожара в смежных помещениях	Образование газовых сред, значительных тепловыделений				↘	↘	×						
7	Включение средств пожаротушения	Достижение высокой температуры						↘	×					
Условные обозначения:											ПЭЖ			
↘ – материальные потоки											МПУ			
↙ – информационные потоки											Ходовой мостик			

Рис. 2. Структурная матрица развития пожара в отсеке

установленных в отсеке. В рассматриваемом случае это извещатели дыма (оптической плотности), огня (тепловые извещатели) и температуры, что соответствует большинству схем, применяемых в настоящее время. Однако при увеличении (изменении) номенклатуры извещателей данная матрица расширяется, сохраняя свою структуру и логику построения.

В рассматриваемом примере принято: $\lambda/L=1,0$ y_1 – изменение температуры воздуха – датчик температуры; y_2 – появление дыма – датчик дыма (оптической плотности); y_3 – появление пламенного горения – датчик пламени (инфракрасного излучения)

Модель системы (или объекта как системы) методом структурных матриц разрабатывается в течение нескольких этапов, причем на каждом последующем этапе уточняется структура, полученная на предыдущем.

На первом этапе определяется внешняя система или надсистема с учетом того, что для каждого подпроцесса существует множество факторов, которые определяют условия развития пожара. Они входят во внешнюю среду в качестве ее составных параметров воздействия. На этом этапе фиксируются назначение системы и внешние условия ее функционирования.

На втором этапе разрабатывается крупноблочная, структурная матрица анализируемой системы. Этот этап в соответствии с теорией структурных матриц, т.е. на основе выделения целей системы (и ее подсистем), позволяет сформировать ядро системы, выявить ее входы и выходы.

Выявленные на первом этапе внешние условия функционирования позволяют определить внешние факторы, формирующие векторы y_1, y_2, y_3 , для которых отведены столбцы в правой части матрицы (см. рис. 2). Координаты средней (квадратной) части образуют вектор состояния системы $X_{\text{сост}}(x_1, x_2, \dots, x_n)$, а в правой части – вектор входа $X_{\text{вх}}(y_1, y_2, y_3)$. Координаты средней части x_1, x_2, \dots, x_n являются выходами из каждой подсистемы.

Часть этих выходов передается на другие подпроцессы ядра, т.е. замыкаются внутри него, образуя в совокупности с другой частью, которая может покинуть ядро, вектор выхода всей системы, являющийся частью вектора состояния, т.е. $X_{\text{вых}} \subset X_{\text{сост}}$. Переменные $x_i (i = 1, 2, \dots, 7)$ имеют следующий содержательный смысл:

x_1 – параметр, определяющий временную задержку-сигнал (температуру среды отсека, характеризующую возможность возгорания элементов оборудования, обшивки, кабельных трасс и т.д.);

x_2 – показатель, отражающий темп (скорость) нагрева веществ в отсеке;

x_3 – показатель, отражающий временной интервал, необходимый для появления дыма;

x_4 – параметр, характеризующий время возгорания до появления пламени;

x_5 – показатель, характеризующий время горения до достижения высокой температуры (определяемой температурой воспламенения материалов, находящихся в отсеке);

x_6 – показатель, отражающий время формирования газовых сред и увеличение скорости тепловыделения;

x_7 – показатель, отражающий температуру развитого (устойчивого) пожара для различных материалов.

Все подсистемы левой части расположены по ходу жизненного цикла пожара или процесса контроля пожарной опасности (по температуре в отсеке). При этом в начале главной диагонали располагается «приемная» величина подсистемы, а в конце – ее «конечная» величина, которая формирует команду на включение противопожарных средств.

Между элементами ядра и факторами входа определены связи в соответствии с принятой схемой развития пожара для включения средств пожаротушения, или для осуществления процесса контроля за обстановкой.

Внутри ядра системы (левая часть матрицы) выделен основной замкнутый контур, обеспечивающий функционирование системы в целом. В правой части матрицы представлены связи между каждым конкретным фактором входа и подсистемой ядра. Полученные замкнутые контуры состоят из потоков двух типов: информации, характеризующей развитие горения и информации, определяющей порядок включения противопожарных средств.

Такая структурная матрица адекватно определяет реальную систему, если все элементы функционирования располагаются на матрице в порядке естественного процесса возникновения и развития пожара. Для уточнения этого порядка должны быть использованы модели развития пожара, принимаемые как адекватные реальной обстановке.

На рис 2 отображены семь основных подсистем; функции этих подсистем; выходные координаты каждой подсистемы x_i , появляющиеся в результате выполнения этих функций; взаимосвязи выходов системы. В правой части матрицы показаны воздействия, определяющие входы для рассматриваемой модели. В нижней части показаны общие выходы системы. На представленной матрице показаны информационные потоки, которые по-разному реализуются в схеме.

Материальные потоки не выделены на структурной матрице. В рассматриваемой схеме развития пожара они проходят только через 7-й подпроцесс (включение средств пожаротушения и расходования огнегасящих средств) и не учитываются в остальной части рассматриваемой модели.

Информационные потоки также входят в ядро из правой части матрицы и выходят на своих потребителей в нижней части матрицы. Особенностью этих потоков является то, что они обязательно образуют замкнутые контуры внутри ядра системы, выполняя роль обязательных для систем контроля обратных связей.

Крупноблочные структурные матрицы не всегда достаточно эффективны для построения математических моделей.

В этом случае на третьем этапе, исходя из принципов последовательной детализации сложной системы, кроме крупноблочных матриц (концептуальных моделей) на практике широко используются блочно-координатные и нормально координатные матрицы.

Элементы концептуальной, блочно-координатной и нормально-координатной матрицы записываются в операторной форме через $a_{ji}(s)$ или индексной форме через j_i . При любой из этих форм может быть записана система уравнений в общем виде и проведены структурные исследования.

Математическая модель создана для конкретного исследования систем, определения значений их параметров, характера переходных процессов и значений существенных координат. Для математических исследований необходимы числовые значения коэффициентов матрицы. Для получения цифровых матриц нормальную координатную матрицу сначала представляют в виде развернутой координатной матрицы, на которой все операторные коэффициенты записываются в развернутой форме. Форма записей операторных коэффициентов зависит от природы элементов, отражающих их физическую сущность.

Составлением числовых матриц заканчивается разработка математической модели системы.

Одним из основных принципов, которые необходимо учитывать при разработке структурной матрицы на основе заданных целей для построения адекватных моделей, является принцип относительной автономности, используемый для анализа и проектирования противопожарных систем как разновидности организационно-технических систем. Он получил название модульного принципа.

Согласно этому принципу для обеспечения автономности отдельных подсистем необходимо, чтобы максимальное число связей между элементами системы было сосредоточено внутри диагональных миноров. Все элементы этих миноров должны быть охвачены, по крайней мере, одним контуром.

Число связей между диагональными минорами должно быть по возможности минимальным. Желательно, чтобы связи между минорами (подсистемами) имели дискретный характер с периодом дискретности не менее интервала времени, необходимого на реализацию всего процесса возгорания, проходящего в отсеке.

Для объективной и результативной оценки процесс горения должен быть представлен как совокупность относительно автономных блоков, функционирующих во взаимосвязи ради получения числовой оценки времени развития пожара в условиях срабатывания извещателей и существующих помех. Создание автономных подсистем часто зависит от обеспеченности техническими средствами, средствами пожаротушения и средствами информационной обработки и т. п. Поэтому на структуру подсистем могут влиять организационная целесообразность, зависящая от условий функционирования противопожарной системы в целом.

Для того чтобы исследовать систему уравнений, необходимо раскрыть выражения всех элементов матрицы a_{ji} , которые могут быть коэффициентами алгебраических, конечно-разностных, дифференциальных уравнений, элементами булевой алгебры и отражать логические зависимости.

Для динамических систем все коэффициенты – операторные полиномы. Формируя выражения для каждого полинома, необходимо иметь в виду следующее:

- каждый диагональный элемент матрицы a_{jj} является собственным оператором данного элемента (в него записывается формула, определяющая проходящий в этом элементе динамический процесс), а вместо каждой стрелки – формулы, определяющее влияние одного элемента на другой;

- каждый недиагональный элемент матрицы a_{ji} является оператором связи между двумя динамическими звеньями. Он отражает связь между собственным оператором, находящимся в одном с ним столбце (как источником информации) и собственным оператором, расположенным в одной с ним строке (как приемником информации);

- ни один элемент связи не может передать информации больше, чем может ее выработать предшествующий ему диагональный элемент. Следова-

тельно, ни один оператор связи, не может иметь порядок выше, чем порядок предшествующего ему собственного оператора;

- ни один диагональный элемент не может принять от предыдущего диагонального элемента ту информацию, к которой он невосприимчив по своей физической природе; это же относится к связям;

- числовые значения коэффициентов операторных полиномов определяются параметрами конкретных элементов объекта.

Запись вида

$$A(s)\bar{X}_{\text{сост}}(s) = B(s)\bar{X}_{\text{вх}} \quad (1)$$

представляет собой математическую модель динамической системы в общем виде.

По построенным структурным матрицам находят передаточные функции системы для любой выходной координаты. Учитывая, что

$$W_j(s) = \frac{a_{ji}(s)}{a_{ji}(s)}$$

– передаточная функция подсистемы (элемента);

$$K_j(s) = \frac{P_j(s)}{D(s)}$$

– передаточная функция по j -й координате, общие формулы нахождения числителя и знаменателя общей передаточной функции имеют вид

$$D(s) = \prod_{j=1}^n (a_{jj}) - \prod_{j \neq i} (a_{ij}), \quad (2)$$

где a_{jj} – элементы матрицы по диагонали; a_{ij} – элементы матрицы вне диагонали;

$$P_j(s) = \prod_{j=n}^{l-1} a_{ji} \times \prod_{j=l+1}^n a_{ji} \quad (j = n, n+1, \dots, l-1). \quad (3)$$

Выражение (3) представляет собой произведение всех недиагональных элементов на пути передачи воздействия от входа системы на заданный выход, пом-

ноженное на произведении всех остальных недиагональных элементов матрицы, не затронутых указанным путем воздействий. Для упрощения его следует определять по выражению

$$P_j(s) = P_{ji} \times D_{ji}, \quad (4)$$

где P_{ji} – произведение коэффициентов передачи сквозного пути прохождения воздействия от входа к выходу; D_{ji} – алгебраическое дополнение к данному сквозному пути, представляющее собой произведение диагональных элементов матрицы не затронутых данным сквозным путем передачи воздействия, т.е. сигнала; y_1 – изменение температуры воздуха – датчик температуры; y_2 – появление дыма – датчик дыма; y_3 – сигнализация пламени – датчик пламени.

Очевидно, что метод структурных матриц «дисциплинирует мышление» аналитика и позволяет получить модель, основанную на строгом системном подходе.

Структурная матрица коэффициентов, определяющих влияние рассматриваемых факторов на процесс развития пожара.

Математическая модель, адекватная рассмотренной системе, представленной на рис. 3, будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 &= -a_{71}x_7 + a_{91}y_1; \\ a_{22}x_2 &= -a_{12}x_1 + a_{72}y_7; \\ a_{33}x_3 &= -a_{23}x_2 - a_{34}x_4 + a_{93}y_2; \\ a_{44}x_4 &= -a_{34}x_3 - a_{54}x_5 + a_{104}y_3; \\ a_{55}x_5 &= -a_{45}x_4 - a_{65}x_6; \\ a_{66}x_6 &= -a_{56}x_5; \\ a_{77}x_7 &= -a_{67}x_6. \end{aligned} \quad (5)$$

Для решение системы уравнений, характеризующей процесс развития пожара от его возникновения до включения средств пожаротушения, необходимо знать характер изменения y_1, y_2, y_3 и численные значения коэффициентов структурной матрицы, исходя из приня-

	Параметр									
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	y_1	y_2	y_3
Предупреждение о возгорании	a_{11}						a_{71}	a_{81}		
Предпожарная сигнализация	a_{12}	a_{22}					a_{72}			
Возгорание		a_{23}	a_{33}	a_{34}					a_{93}	
Пожар			a_{34}	a_{44}	a_{54}					a_{104}
Объемный пожар				a_{45}	a_{55}					
Распространение пожара по судну					a_{56}	a_{65}				
Включение средств пожаротушения						a_{66}				
Включение средств пожаротушения						a_{67}	a_{77}			

Рис. 3. Структурная матрица возгорания

тых представлений о развитии пожара. При этом могут быть приняты следующие допущения:

– внешние факторы в виде y_1, y_2, y_3 описываются единичными ступенчатыми функциями $y(t) = 1(t)$ и соответствуют срабатыванию датчиков (извещателей) дыма, огня и температуры;

– численные значения коэффициентов a_{ij} структурной матрицы вне диагонали определяются специалистами флота на основе экспертных оценок;

– характер знака коэффициентов обратных связей всегда положителен, так как сам процесс горения имеет вид сориентированного в одном направлении процесса изменения во времени температуры горения корабельного оборудования и средств;

– характер процессов изменения температуры веществ при горении (воспламенение, пламя, тление) с достаточной степенью точности можно считать аperiодическим.

Оценка численных значений коэффициентов структурной матрицы возгорания и развития пожара выполняется на основе анализа физических процессов горения (принятая физическая модель) и экспериментальных данных, оценивающих эффективность средств сигнализации о пожарной опасности и технологических особенностей включения средств пожаротушения, а также их ресурсов.

Для реализации цифрового моделирования процесса развития пожара в отсеке рассмотрена система сигнализации и включения средств пожаротушения на общей структурной матрице (СМ), показанной на рис. 4. Соответствующая ей

структурная матрица индексов коэффициентов показана на рис. 5.

Такой подход позволяет детализировать отдельные этапы развития пожара в отсеке.

В качестве примера рассмотрим подсистему, охватывающую шестой – седьмой этапы функционирования всей системы пожарной безопасности.

Это допущение позволяет более детально оценить влияние таких параметров системы на данных этапах, как пожаростойкость материалов горения, влияние инерционности датчиков (извещателей) на определение характера изменения температуры в помещении. Исследуемая подсистема представлена на рис. 6.

Из усеченной структурной матрицы следует, что процесс возгорания и горения может быть представлен системой уравнений следующего вида:

$$\left. \begin{aligned} a_{11}x_1 &= -a_{41}x_4 + a_{51}y_1 - a_{21}x_2 \\ a_{22}x_2 &= -a_{12}x_1 - a_{32}x_3 \\ (T_1s - 1)x_3 &= -a_{23}x_2 \\ (T_2s + 1)x_4 &= -a_{34}x_3 \end{aligned} \right\}$$

Решение этой системы уравнений представляет собой изменение температуры газовой смеси в отсеке при пожаре во времени.

Решение находится по методу Крамера, для которого необходимо вычислить определители: Δ и Δ_1, Δ_4 :

$$\begin{aligned} \Delta &= a_{11}[a_{22}(T_1s - 1) - a_{23}a_{32}](T_2s + 1) - \\ &- a_{12}a_{23}a_{34}a_{41} = a_{11}a_{22}(T_1s - 1)(T_2s + 1) - \\ &- a_{11}a_{23}a_{32}(T_2s + 1) - a_{12}a_{23}a_{34}a_{41} = \\ &= a_1a_{22}T_1T_2s^2 + (a_{11}a_{22}T_1 - a_{11}a_{22}T_2 - \\ &- a_{11}a_{23}a_{32}T_2)s + (-a_{11}a_{22} - a_{11}a_{22}a_{32} - \\ &- a_{12}a_{23}a_{34}a_{41}) = a_0s^2 + a_1s + a_2, \end{aligned}$$

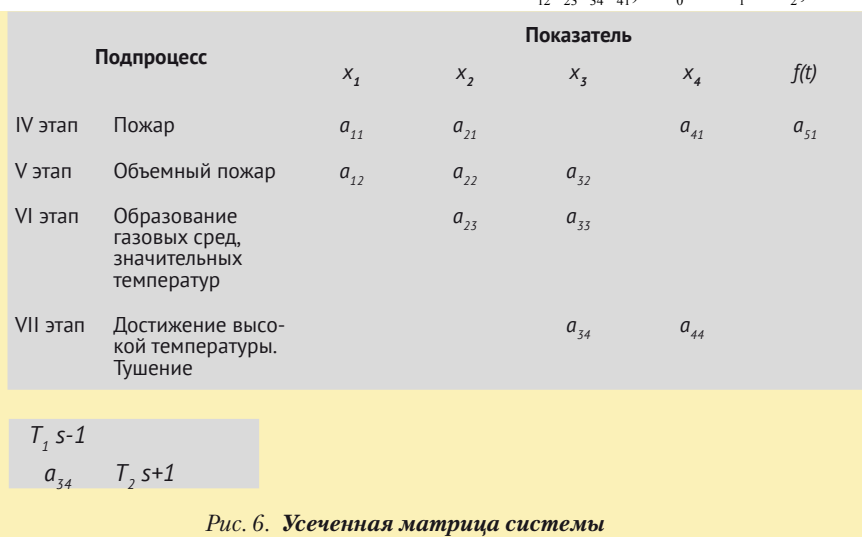


Рис. 6. Усеченная матрица системы

№ п.п.	Подпроцесс	Показатель									
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	y_1	y_2	y_3
1	I этап	×						↖	↖		
2	II этап	↘	×					↖		↖	
3	III этап		↘	×	↖						↖
4	IV этап			↘	×	↖					
5	V этап				↘	×	↖				
6	VI этап					↘	×				
7	VII этап						↘	×			
									↘ Командный пункт		

Рис. 4. Общая структурная матрица системы

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	Y_1	Y_2	Y_3
11						71	81		
12	22					72			
	23	33	43					93	
		34	44	54					104
			45	55	65				
				56	66				
						77			

Рис. 5. Матрица коэффициентов СМ

где $a_0 = a_{11}a_{12}T_1T_2$;
 $a_1 = a_{11}a_{22}T_1 - a_{11}a_{22}T_2 - a_{11}a_{23}a_{32}T_2$;
 $a_2 = -a_{11}a_{22} - a_{11}a_{22}a_{32} - a_{12}a_{23}a_{34}a_{41}$.

$$\begin{aligned} \Delta_{x_1} &= P_1D_1 = 51 \cdot 22 \cdot 33 - 44 = a_{51}a_{22}(T_1s - \\ &- 1)(T_2s + 1) = a_{51}a_{22}(T_1T_2)s^2 + (T_1 - T_2)s - 1 \\ \Delta_{x_4} &= P_2D_2 = 51 - 12 - 23 \cdot 34 = a_{51}a_{12}a_{23}a_{34}. \end{aligned}$$

На рис. 7 и 8 показаны сквозные пути для определения правой части дифференциальных уравнений анализируемой системы.

Влияние характеристик средств пожаротушения и извещателей различного назначения может быть оценено на базе ПЭВМ путем реализации автоматизированной технологии работы конечного пользователя в проблемно-ориентированной программной системе, использующей метод имитационного моделирования, а также путем реализации методов соответствующего программного обеспечения.

Технологическая схема работы конечного пользователя, выполняющего вычислительный эксперимент, представляет процесс создания прикладной

– на основе системного анализа жизненного цикла эксплуатации кораблей при использовании структурных матриц.

Каждый из подходов имеет свои преимущества и недостатки, а также область применения.

Рассмотрим методику выбора стратегии информационного обеспечения системы пожарной безопасности корабля с использованием структурной матрицы, полученной выше и позволяющей решать задачи противопожарного обеспечения кораблей.

Вычислительный инструмент по оценке влияния характеристик средств пожаротушения и сигнализации на процесс горения может быть выполнен на основе решения уравнения вида

$$(a_0 s^2 + a_1 s + a_2) \varphi = (c_0 s^2 + c_1 s + c_2) f(t),$$

где a_0, a_1, a_2 – коэффициенты характеристического уровня системы; φ – относительное изменение температуры среды; $f(t)$ – единичная скачкообразная функция, представляющая собой реакцию срабатывания извещателя в соответствии с его назначением; c_0, c_1, c_2 – коэффициенты влияния измерителя на процесс изменения температуры (в расчетах не участвуют, если происходит скачкообразное изменение сигнала извещателя).

Решение этого уравнения позволяет найти значения корней характеристического уравнения и определить темп и тенденции изменения $t_{г(в)}$ при возгорании и пожаре в отсеке на рассматриваемом этапе пожарной обстановки:

$$a_0 s^2 + a_1 s + a_2 = 0;$$

$$\lambda_{1,2} = \frac{-a_1 \pm \sqrt{a_1^2 - 4a_0 a_2}}{2a_0}.$$

Кривая изменения температуры при возгорании растет по экспоненте

$$T = A_0 e^{\lambda_2 t},$$

где A_0 – коэффициент, определяемый составом горючей смеси в отсеке и характером развития пожара; λ_2 – показатель скорости роста температуры горючей смеси.

Задавая различные значения λ_i в соответствии с численными значениями коэффициентов структурных матриц для противопожарных средств, возможно построить номограмму для определения предельно допустимого момента

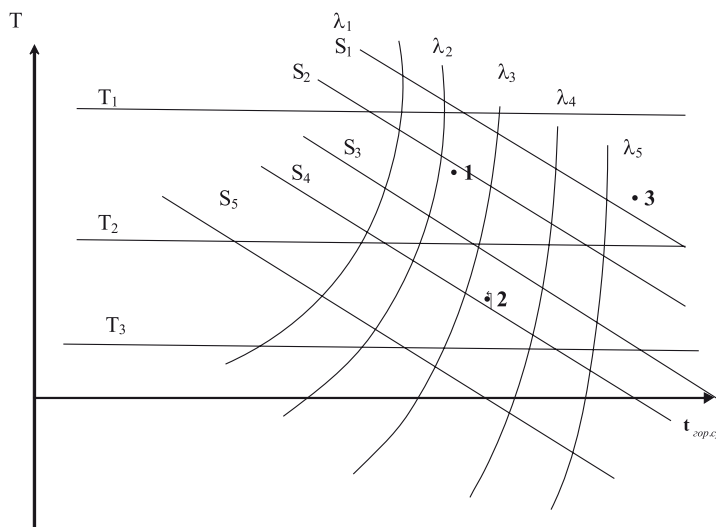


Рис. 9. Номограмма для определения предельно допустимого момента включения средств противопожарной защиты

включения средств противопожарной защиты при достижении предельно допустимого значения температуры в отсеке на данном этапе пожара (рис.9).

Здесь $t_{гор.сп.}$ – температура в отсеке в условиях развития процесса горения среды на рассматриваемом этапе; T – время начала возгорания и развития пожара на рассматриваемом этапе; s_i – удельные ресурсы противопожарных средств; λ_i – показатели скорости роста температуры в отсеке при развитии пожара в рамках рассматриваемого этапа; T_1, T_2, T_3 – нормированное время срабатывания датчиков (извещателей).

Таким образом можно отметить, что применение методов системного анализа и, в частности, аппарата структурных матриц, позволяет практически оценивать пожаробезопасность в корабельном отсеке и выработать план борьбы с пожаром на разных этапах его развития.

Естественно, существуют и иные методы их решения. Принятие той или иной альтернативы при борьбе за живучесть корабля определяется конкретными условиями и является прерогативой лица, принимающего решение при проектировании корабля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бельий О.В., Кокаев О.Г., Попов А.С. Архитектура и методология транспортных систем. – М., 1983.

2. Берталанфи Л. фон. История и статус общей теории систем: Системные исследования. – М.: Наука, 1973.
 3. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981.
 4. Шатихин Л.Г. Структурные матрицы и их применение для исследования систем. – 2-изд. М.: Машиностроение, 1991.
 5. Круглеевский В.Н. Перспективы развития корабельных систем пожарной сигнализации: системный анализ при создании и применении кораблей, вооружения и военной техники // Темат. сб. – вып. 14. – СПб., МОРИНТЕКС, 2003.
 6. Он же. Пути решения проблемы автоматизации контроля пожарной опасности в судовых помещениях // Судостроение. – 2003. – № 4.
 7. Подиновский В.В. Математическая теория выработки решений в сложных ситуациях. – М.: Изд. МО СССР, 1981.
 8. Макшанов А.В., Яковлев В.А. Методы распознавания сложных систем и их состояний. – Л.: Воениздат, 1988.
 9. Солонько В.А., Круглеевский В.Н., Колесник В.А. Процесс контроля пожарной опасности в корабельных помещениях, как задача распознавания образов // Морской вестник. – 2006. – № 3. ■

Международная морская организация (ИМО) постоянно уделяет в своей работе большое внимание безопасности рыболовных судов. Высокая приоритетность этого направления работы ИМО объясняется большим числом рыбаков, занятых в морском рыболовном секторе труда*, опасностью работы рыбаков**.

В 2010 г. ИМО завершила разработку документов по безопасности рыболовных судов во всем диапазоне их длин (рис. 1). Они содержат материалы по проектированию, постройке и оборудованию рыболовных судов, и относятся только к безопасности самого судна, но не затрагивают вопросы подготовки экипажа и организации надзора:

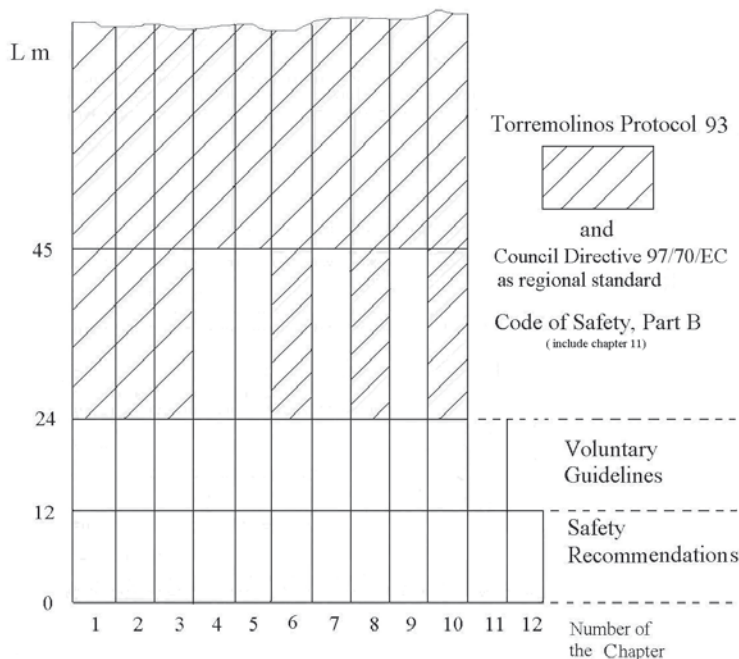


Рис. 1. Области распространения глав: Торремолинского протокола 1993 г. (длина судов – от 24 м и более); Кодекса безопасности, ч. Б (длина судов от 24 м и более); Директивы Совета 97/70/ЕС (длина судов от 24 м и более); Добровольное руководство (длина судов от 12 до 24 м); Рекомендации по безопасности (длина судов менее 12 м)

– Торремолинский протокол 1993 г. к Торремолинской конвенции по безопасности рыболовных судов 1977 г. [3] (далее Протокол 1993);

* Данные о числе рыбаков, занятых промыслом в морях и океанах, не являются точными и носят оценочный характер. В документе ИМО SLF 41/18 (п. 7.5), подготовленном Продовольственной и сельскохозяйственной организацией ООН (FAO) в 1998 г., указывается, что таких рыбаков более 15 млн. В документе SLF 47/J/7 (2004 г.) число рыбаков оценено более чем в 16 млн. Из документа SLF 48/16 (2005 г.) следует, что морским промыслом занято около 21 млн. рыбаков (по данным FAO).

** Ежегодно гибнет около 24000 рыбаков (документ ИМО SLF 48/16), даже в развитых странах число погибших рыбаков на порядок превышает средний уровень погибших на производстве в перерасчете на 100000 работающих [1, 2].

ДОКУМЕНТЫ ИМО ПО БЕЗОПАСНОСТИ РЫБОЛОВНЫХ СУДОВ И ПРАКТИКА ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В МИРОВОМ СООБЩЕСТВЕ

А.Р. Тогуния, канд. техн. наук, ОАО «Гипрорыбфлот», контакт. тел. (812) 312 5258

– Кодекс безопасности рыбаков и рыболовных судов (ч. Б)*** [4] (Кодекс);

Гл. 3. Остойчивость и связанные с ней мореходные качества;

Гл. 4. Механическая и электрическая установки и машинные помещения с периодически безвахтенным обслуживанием;

Гл. 5. Противопожарная защита, обнаружение и тушение пожара;

Гл. 6. Защита экипажа;

Гл. 7. Спасательные средства и устройства;

Гл. 8. Порядок действий при авариях, учебные сборы и учения;

Гл. 9. Радиосвязь;

Гл. 10. Судовое навигационное оборудование и устройства.

К перечисленным главам в Кодексе и Добровольном руководстве добавлена Гл. 11 «Жилые помещения для экипажа», а в Рекомендации по безопасности были включены две новые главы: 11 «Жилые помещения для экипажа» и Гл. 12 «Укомплектование личным составом и обучение». Фактически единый формат документов облегчил работу над их составлением, обеспечил цельность подхода к безопасности рыболовных судов независимо от их длины.

Торремолинская международная конвенция по безопасности рыболовных судов 1977 г. явилась первым международным документом конвенционного уровня, разработанным специально для рыболовных судов****. Она обозначила требования к остойчивости судов, впервые сформулированные в международной конвенции. Однако условия вступления в силу Конвенции не были выполнены (многие ее страны посчитали, что некоторые ее требования излишне жесткие [6]).

С целью скорейшего вступления ее в силу был разработан Протокол 1993, смягчивший некоторые требования к рыболовным судам. По нескольким главам (см. рис. 1) требования Конвенции стали распространяться на суда длиной 45 м и более (а не 24 м и более).

**** Международная конвенция по охране человеческой жизни на море 1974 г. (SOLAS-74) не распространяется на рыболовные суда, за исключением гл. V «Безопасность мореплавания».

– Добровольное руководство по проектированию, постройке и оборудованию малых рыболовных судов [5] (Добровольное руководство);

– Рекомендации по безопасности для палубных рыболовных судов длиной менее 12 м и беспалубных рыболовных судов (одобрены 87-й сессией Комитета по безопасности на море, MSC, 12–21 май 2010 г., документ ИМО SLF 52/4/2) (Рекомендации по безопасности).

Формат перечисленных документов унифицирован и совпадает по главам с Торремолинским протоколом 1993 г.:

Гл. 1. Общие положения;

Гл. 2. Конструкция, водонепроницаемость и оборудование;

*** Ч. А Кодекса относится к охране и гигиене труда.

Протокол был принят в 1993 г. в городе Торремолинос (Испания). К сожалению, усилия ИМО не принесли результата, и условия вступления в силу Протокола (Конвенции) не выполнены до настоящего времени. Уже после завершения работы над Протоколом 1993 ИМО приняла две резолюции в виде обращения к правительствам стран – членом ИМО (А. 925(22) 2001 г. и А.1003 (22), 2007 г.), направленные на ускорение процесса ратификации Протокола 1993. Автору не известно, рассматривало ли правительство России эти обращения. В резолюции А.925 (22) сказано, что ассамблея «беспокоясь о тревожно высоком уровне числа жизней рыбаков и рыболовных судов, теряемых каждый год, и, убежденная, что неприемлемые потери жизней и пострадавших могут быть существенно уменьшены глобальным и эффективным применением настоящего Протокола 1993 и Конвенцией STCW-F 1995*», настоятельно советует правительствам рассмотреть их принятие в наиболее короткий срок.

Генеральный секретарь ИМО в 2004 г. обратился к 153 странам – членам ИМО с просьбой дать информацию о числе рыболовных судов, подпадающих под Протокол 1993, с указанием причин задержки его ратификации или присоединения. На это обращение ответило менее трети запрашиваемых стран [7]. В документе 93-й сессии Совета ИМО (С93/4/Add.2) Генеральный секретарь на основании полученной информации представил заключение о причинах задержки вступления в силу Протокола 1993. В частности, он отразил мнение ФАО, принимающей активное участие в работе ИМО по безопасности рыболовных судов и рыбаков: «90% рыболовной деятельности осуществляется в исключительных экономических зонах, и, таким образом, страны считают рыболовство преимущественно своим внутренним делом. Кроме того, подавляющее большинство этих судов имеет длину до 24 м. Вот почему у морских рыболовных администраций мало мотивации для ратификации международного документа, который не применим или не относится к большинству их рыболовных судов».

К моменту проведения 93-й сессии Совета ИМО (ноябрь 2004 г.) мировой рыболовный флот насчитывал 56789 судов длиной 24 м и более, из них 30279 ед. принадлежали Китаю.

* РФ присоединилась к Международной конвенции о подготовке и дипломировании персонала рыболовных судов и несении вахты 1995 г. (STCW-F 1995). Постановление Правительства РФ от 30 сентября 1996 г. № 1154.

При этом количество судов 10 государств, присоединившихся к Протоколу 1993, составило 3060 (т.е. только 21.9% от 14000 судов, которые обеспечивают вступление его в силу). Столкнувшись с таким положением дел, ИМО предприняло новые шаги активизации вступления в силу Торремолиносского протокола: была принята упоминавшаяся резолюция А.1003(25) «Вступление в силу и выполнение Торремолиносского протокола 1993 года». Она обязала органы ИМО рассмотреть ситуацию, касающуюся вступления в силу Протокола 1993, и предпринять соответствующие меры, а также обратилась к правительствам рассмотреть присоединение к нему при ближайшей возможности. В соответствии с эти решением Комитет по безопасности на море (MSC) на 84-й сессии (7–16 мая 2008 г.) принял решение включить в рабочую программу Подкомитета по остойчивости, грузовой марке и безопасности рыболовных судов (SLF) приоритетный пункт повестки дня «Разработка соглашения по выполнению Торремолиносского протокола 1993 г.». Работа по этому пункту повестки дня началась на 51-й сессии SLF (14–18 июля 2008 г.). На SLF 51 в соответствии с намерением Секретариата ИМО организовать консультативный процесс был разработан вопросник с целью получения информации по Протоколу от государств, у которых более 500 зарегистрированных рыболовных судов длиной 24 м и более (на основе данных документа ИМО С93/4/Add.2) [7]. Вопросы от имени Генерального секретаря ИМО Е.Е. Митропулоса были разосланы в 11 стран: Китай (30279 судов совместно с Гонконгом и Макао), Индонезию (4447 судов), Японию (2591), Российскую Федерацию (1736), Республику Корея (1535), Таиланд (1500), США (1496), Вьетнам (1300), Испанию (991), Филиппины (974), Италию (611). В документе ИМО SLF 52/12/1 приведены ответы Китая, Италии, Японии, Испании и США. Ответы РФ и Республики Корея были представлены непосредственно на SLF 52 (25–29 января 2010 г.) и отражены в отчете рабочей группы по безопасности рыболовных судов (документ ИМО SLF 52/WP.2 ANNEX3).

Предварительный анализ ответов из семи стран на вопросник ИМО, а также результаты семинара в Пекине в 2004 г. (SLF 51/1NF.7) и семинара в Бали (Индонезия) в 2009 г. (SLF 52/12/2) позволяет сделать следующие выводы:

– технические трудности, препятствующие ратификации Протокола 1993, заключаются в основном в при-

менении ряда требований по спасательным средствам и устройствам к судам азиатской постройки, которые традиционно меньше по ширине европейских судов, в связи с чем, размещение этих средств и устройств на судах затруднено;

– поправка к Протоколу 1993, ст.3, о его распространении только на рыболовные суда, ведущие промысел в открытом море или в водах другого государства, уменьшает препятствие для ратификации Протокола 1993;

– использование методологии ИЛО** по введению шкалы эквивалентности между длиной и валовой вместимостью уменьшит препятствие для ратификации Протокола 1993;

– концепция «прогрессивного выполнения», используемая ИЛО в конвенции «Труд в рыболовном секторе» (№ 188), положительно скажется на процессе ратификации;

– трудности в ратификации Протокола 1993 нетехнического характера, обусловлены в основном юридическими процедурными вопросами или нежеланием (а иногда и неспособностью) государственных структур уделять внимание безопасности мореплавания рыболовных судов.

Юридическое исследование содействия вступлению в силу Протокола 1993 привели к двум вариантам действий и, соответственно, подготовки Соглашения, относящегося к выполнению Торремолиносского протокола 1993 г. (MSC 84/22/16) [7] или резолюции Ассамблеи ИМО (SLF 52/12/Add.1).

Оба эти документа будут содержать текст поправок к Протоколу 1993, однако их юридическое оформление и содержание различны. Соглашение – новый правовой документ, содержащий жесткий фундамент для выполнения исправленного Протокола 1993. Соглашение должно читаться и толковаться с Протоколом 1993 как единый договорный документ. Его следует принять международной конференцией, созданной ИМО в сотрудничестве с ФАО, или соответствующим органом ИМО. Однако в этом случае могут возникнуть юридические трудности со странами, которые уже ратифицировали Протокол 1993.

Резолюция Ассамблеи ИМО – более мягкий вариант. Такой подход уже применялся ИМО в отношении Приложения IV MARPOL. Вариант принятия резолюции Ассамблеи состоит из следующих этапов (SLF 52/12/Add.1):

– подготовка проекта текста поправки к Протоколу 1993 Подкомитетом SLF (SLF 53, январь 2011);

** ИЛО Международная организация труда

– утверждение проекта текста поправок Комитетом по безопасности мореплавания (MSC 89, май 2011);

– принятие резолюции Ассамблеи ИМО с согласием Правительств стран-членов ИМО, что поправки к Протоколу 1993 следует выполнять после вступления в силу Протокола 1993, (А 27, ноябрь 2011);

– ратификация государствами с большим флотом рыболовных судов Протокола 1993 с пониманием того, что поправки к нему смогут выполняться с вступлением его в силу согласно полномочиям резолюции ассамблеи (2012-2013);

– вступление в силу Протокола 1993 (2014);

– принятие поправок расширенным MSC или конференцией сторон Протокола 1993 (2015).

На SLF 52 (25–30 января 2010 г.) рассмотрение указанных вариантов было поручено Межсессионной рабочей группе по безопасности рыболовных судов (FVS) под председательством капитана Н. Кэмпбелла, Южная Африка (в FVS от РФ работал А.Р. Тогунай, институт «Гипрорыбфлот») с тем, чтобы, основываясь на документе SLF 52/12 и его приложениях, подготовить проекты этих документов (включая изложение аргументов за и против) для рассмотрения на SLF 53. FVS выполнила задание и представила текст поправок к Протоколу 1993, а также проекты Соглашения и резолюции Ассамблеи (SLF 53/11) на SLF 53 (10–14 января 2011 г.). Из аргументов за Соглашение следует выделить возможность изменения условия вступления в силу Конвенции. С учётом того, что Соглашение распространит положения Протокола 1993 только на суда, ведущие промысел в открытом море или в водах другого государства, SLF 53 предложила для окончательного решения на MSC 89 три варианта вступления в силу Протокола 1993, при уменьшении числа судов:

– с 14 000 до 3 000 + 15 государств;

– уменьшать число судов с 14 000 до 1 800 + 20 государств;

– уменьшить число судов с 14 000 до 1 800 + 30 государств.

Число судов 3 000 было принято как 50% от числа рыболовных судов длиной 24 м и более, сообщенного FAO на основе данных сторон и несторон (около 60 государств флага) «Соглашения FAO о содействии соблюдению рыболовными судами в открытом море международных мер по сохранению живых ресурсов и управлению ими»*.

* Agreement to Promote Compliance with International Conservation and Management Measures by Fishing Vessels on the High Seas, 1994

На SLF 53 на основании выполненного анализа было решено рекомендовать MSC принять вариант Соглашения, а не резолюции Ассамблеи.

Кодекс, Добровольное руководство и Рекомендации по безопасности разработаны совместно ИМО, FAO, ILO как рекомендательные документы и предназначены для разработки национальных правил и требований безопасности рыбаков и рыболовных судов в развивающихся странах и совершенствования соответствующих разделов национальных законодательств в развитых странах [6, 8, 9, 10].

Кодекс обновлен в ходе работ, начиная с 1998 г. по 2004 г. (сессия MSC 79 одобрила документ). Он не противоречит Протоколу 1993 и распространяется на рыболовные суда длиной 24 м и более (см. рис.1), т.е. область его распространения соответствует Протоколу 1993, а также региональным стандартам**, разработанным в соответствии со ст. 3 (5) Протокола 1993 [3]. Региональные стандарты и Кодекс заполняют «пропуски» Протокола 1993 по требованиям к судам в диапазоне длины судов от 24 м и до 45 м (гл. Протокола IV, V, VII, IX). При этом согласно ст. 1.1.4 Кодекса Региональные стандарты, представленные в ИМО в соответствии со ст. 3(5) Протокола 1993, по указанным главам превагируют над Кодексом. В некоторые главы Кодекса добавлены (по сравнению с Протоколом 1993) дополнительные пункты, позволяющие на рекомендательном уровне расширить объем полезной для безопасности судна информации. Например, в Главу III «Остойчивость и связанные с ней мореходные качества» добавлен пункт 3.2.5, содержащий формулу для минимально допустимого значения метацентрической высоты GM, а также п. 3.13.2 о нанесении на борт судна знака максимально допустимой эксплуатационной осадки***. Также в Кодекс для увеличения информативности были включены семь приложений и гл. XI «Жилые помещения для экипажа». В Добровольное руководство включено шесть приложений и аналогичная глава. Работа по его обновлению велась SLF параллельно с работой над Кодексом.

Рекомендации по безопасности распространяются на рыболовные суда

** Руководство по безопасности рыболовных судов длиной 24 м и более, но менее 45 м, работающих в Восточном и Юго-Восточном Азиатском регионе (MSC 68/INF/10);

Директива Совета 97/70/EC, устанавливающая согласованный режим безопасности для рыболовных судов длиной 24 м и более (MSC 70/INF/24).

*** Нота Российской Федерации, документ ИМО SLF 42/7.

длиной менее 12 м. Работа над этим документом началась на SLF 48 (12–16 сентября 2005 г.) и завершилась на SLF 51 (25–29 января 2010 г.) с последующим одобрением (утверждением) на 87-й сессии MSC (12–21 мая 2010 г., MSC 87/26/Add.2). В обосновании FAO о необходимости разработки такого документа (SLF 48/16) говорится, что в большинстве случаев гибель рыбаков происходит именно на таких судах. В то же время международных стандартов безопасности для таких судов не существует, а национальные правила во многих странах отсутствуют или содержат требования, не подходящие по уровню или объему.

Участники разработки использовали обширный материал, представленный в ИМО из 14 стран (Канады, Дании, Ирана, Исландии, Ирландии, Японии, Новой Зеландии, Китая, Польши, Республики Корея, Российской Федерации, Южной Африки, Великобритании, США). В Рекомендации по безопасности вошли 34 приложения. Руководил работой по созданию этого документа от начала проекта до его завершения капитан Н. Кэмпбелл, Южная Африка. Он являлся председателем как рабочих групп «Безопасность малых рыболовных судов», так и соответствующих корреспондентских групп.

Учитывая необходимость широкого распространения рекомендаций по безопасности среди пользователей, SLF обратился к MSC с просьбой рассмотреть возможность перевода этого документа на языки стран-получателей (т.е. выхода этого документа не только на официальных языках ИМО: английском, испанском, французском, русском, китайском, арабском). На SLF 51 также было решено просить MSC сделать текст Рекомендаций по безопасности доступным на публичной страничке веб-сайта ИМО и распространять их средствами CD ROM бесплатно для пользователей.

Рассмотрим практику применения документов ИМО по безопасности рыболовных судов в мировом сообществе. Наиболее последовательными сторонниками установления стандарта безопасности для рыболовных судов практически эквивалентного стандарту безопасности судов, подпадающих под действия Международной конвенции по охране человеческой жизни на море 1974 г. являются европейские страны. Основываясь на ст. 3 (5) Протокола 1993 страны Европейского союза разработали региональный стандарт безопасности (Директива Совета 97/70/EC, устанавливающая согласованный режим безопасности

для рыболовных судов 24 метра и более), который соответствует требованиям Протокола 1993 и является обязательным для исполнения странами-членами ЕС. В пояснительной записке к Директиве Совета 97/70/ЕС сообщается: «При закрытии Торремолиносской конференции (1993 г.) Комиссия придерживалась мнения, что необходимо объявить о намерении ЕС выступить с инициативой среди европейских государств, являющихся участниками Европейского экономического пространства (European Economic Area, ЕЕА), о создании как можно более широких требований для судов от 24 до 45 м, которые были бы основаны как можно в большей мере на требованиях, которые, согласно Протоколу 1993, будут применяться к судам длиной 45 м и более». Директива Совета 97/70/ЕС была принята 11 декабря 1997 г. (документ ИМО MSC 70/INF.24). Следует отметить, что региональный стандарт безопасности ЕС носит обязательный характер не только для судов ЕС, но и для судов иных государств, эксплуатирующихся во внутренних и территориальных водах государств-членов ЕС, либо выгружающих улов в их портах.

Азиатские страны под эгидой Японии также разработали региональный стандарт безопасности для рыболовных судов (Руководство по безопасности рыболовных судов длиной 24 м и более, но не менее 45 м, работающих в Восточном и Юго-Восточном Азиатском регионе, MSC 68/INF.10) Этот документ как рекомендательный был одобрен на состоявшейся 3–6 февраля 1997 г. в Токио конференции, в которой принимали участие делегации из Китая, Гонконга, Индонезии, Японии, Малайзии, Филиппин, Республики Кореи, Таиланда. Учитывая рекомендательный характер азиатского регионального стандарта, Правительства стран Восточного и Юго-Восточного Азиатского региона по своему усмотрению и возможности применяют его к рыболовным судам, плавающим под их флагом.

Принимая во внимание организационные трудности при внедрении международных документов по безопасности рыболовных судов, ИМО совместно с FAO и ILO разработали Руководство в помощь компетентным органам в выполнении Кодекса безопасности рыболовных судов, ч. Б, До-

бровольного руководства по проектированию, постройке и оборудованию малых рыболовных судов и Рекомендаций по безопасности для палубных рыболовных судов длиной менее 12 м и беспалубных рыболовных судов (Guidelines to Assist Competent Authorities in the Implementation of Part B of the Code of Safety for Fishermen and Fishing Vessels, Voluntary Guidelines for the Design, Construction and Equipment of Small Fishing Vessels, and Safety Recommendations for Decked Fishing Vessels of less than 12 metres in Length and Undecked Fishing Vessels). Это Руководство предназначено, прежде всего, министерствам по морским делам, труда и рыболовства, а также иным министерствам, решившим применять международные документы по безопасности рыболовных судов. Работа над этим документом началась на SLF 51 (14–18 июля 2008 г.) и завершилась на SLF 53 (10–14 января 2011 г.). Для принятия это Руководство будет представлено на MSC 89 (11–20 мая 2011 г.), а также в соответствующие органы FAO (Committee on Fisheries) и ILO (Governing Body).

На SLF 53 ИМО завершила большой цикл работ по безопасности рыболовных судов. Кроме разработки документов, непосредственно относящихся к проектированию, постройке и оборудованию рыболовных судов, в последнее десятилетие был обновлен Кодекс безопасности рыбаков и рыболовных судов 2005 г., ч. А (Практика в области безопасности и гигиены труда) [12], выявлены причины задержки ратификации Протокола 1993 различными странами, разработаны меры по ускорению вступления в силу этой Конвенции. Степень внедрения положений документов ИМО в практику проектирования, строительства, и эксплуатации рыболовных судов, а также методов принуждения к их исполнению в рамках государственного надзора является определяющим фактором в снижении числа погибших рыбаков, занятых в морском рыболовном секторе труда, уменьшения числа аварий и крушений рыболовных судов. Вступление в силу Протокола 1993 является важным шагом в этом направлении.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Menakhem Ben-Iami*. Risk and Dangers in Small-Scale Fisheries: an Overview. – ILO, Geneva, 2000.

2. *Petursdottir G., Hannibalsson O., Turner J.M.M.* Safety at Sea as an Integral Part of Fisheries Management. FAO of the UN, Rome, 2001.
3. 1993 Torremolinos Protocol and Torremolinos International Convention for the Safety of Fishing Vessels. – Consolidated edition IMO, London, 1995.
4. Code of Safety for Fishermen and Fishing Vessels, 2005. Part B. Safety and Health Requirements for the Construction and Equipment of Fishing Vessel. FAO, ILO, IMO, London, 2006.
5. Voluntary Guidelines for Design, Construction and Equipment of Small Fishing Vessels. FAO, ILO, IMO, London, 2006.
6. *Тогуняц А.П.* Современное состояние и перспектива сотрудничества по безопасности мореплавания рыболовных судов в рамках международной морской организации (ИМО). – Науч.-техн. сб. Российского Морского Регистра судоходства, 1999, вып. 22.
7. *Тогуняц А.П.* О вступлении в силу Торремолиносского протокола 1993 года // Морской вестник. – 2009. – № 4 (32).
8. *Тогуняц А.П.* Работа Международной морской организации (ИМО) по обновлению кодекса безопасности и Добровольного руководства для рыболовных судов. – Науч.-техн. сб. Российского Морского Регистра судоходства, 2005, вып. 28.
9. *Тогуняц А.П.* Деятельность ИМО в отношении безопасности малых рыболовных судов и ее влияние на национальное законодательство. – Науч.-техн. сб. Российского Морского Регистра судоходства, 2009, вып. 32.
10. *Togunjac A.R.* IMO Activities with Regard to the Safety of Small-Scale Fishing Vessels and Its Impact on National Legislations. 18th Symposium on Theory and Practice of Shipbuilding. – SORTA-2008, Proceeding, Pula, Croatia, 2008.
11. Правила классификации и постройки морских судов / Российский Морской Регистр судоходства. Санкт-Петербург, 2010.
12. Code of Safety for Fishermen and Fishing Vessels, 2005. Part A. Safety and Health Practice. FAO, ILO, IMO, London, 2006. ■

Постановка проблемы. Страшная трагедия с речным пассажирским судном «Булгария» в очередной раз (после ноября 2007 г.) привлекла внимание широкой общественности к проблеме аварийности на отечественном водном транспорте. Принципиально важным при исследовании подобных ситуаций является выявление причин и принятие системных мер по недопущению их повтора в любой форме. В частности, следует проверить известный тезис о том, что эксплуатация более старых судов сопровождается большим уровнем риска, чем более молодых. Именно поэтому изучение причин аварий всегда было важнейшим этапом для совершенствования норм и правил создания любых новых технических объектов [17, 19], в том числе морских [16].

Как показано в публикациях [1, 6, 7], для отечественной судостроительной науки принципиально важен анализ риска эксплуатации судов внутреннего (СВП) и смешанного река-море плавания (ССП), так как в значительной части отечественные судоходные компании и судостроительные заводы ориентированы именно на такой флот.

В настоящей статье под СВП понимаются суда, эксплуатирующиеся во внутренних водных бассейнах разрядов «Л», «Р», «О», «М»; под ССП – любые суда речного флота, которые могут работать в морских районах – суда река-море плавания классов «О-ПР», «М-ПР», «М-СП» РРР [14].

Данные об авариях и аварийных происшествиях с отечественными СВП и ССП до 1990 г. мало публиковались и не подвергались систематическому анализу. В 2000 г. в статье [3] впервые был дан анализ риска для судов ограниченного района плавания (СОРП) на основании данных за 1993–2000 гг. (в 2002 г. материал был дополнен в статье [5]). В статьях [3, 5, 8] использовалась формализованная классификация последствий на морском и водном транспорте, предложенная в работе [2] на основе «Международного кодекса проведения расследований аварий и инцидентов на море», 1997 г.

В 2002 г. в публикациях Российского Речного Регистра (РРР) [12, 13] и в 2005 г. в публикации Российского Морского Регистра судоходства (РМРС) [15] были рассмотрены аварии судов с классом этих регистров соответственно.

В [15] был сделан вывод, что существенного роста аварийности не произошло, несмотря на рост среднего возраста судов. Напротив, в публикации [18] по данным DNV был отмечен более высокий уровень аварийности для более старых судов. Интересно отметить, что и в более ранней работе [17] на основании статистики потерь в 1984–1994 гг. пик катастроф приходился на суда возрастом 19–24 года, причем тенденция была одинакова для всех типов судов.

В 2008–2009 гг. в работах М.Д. Емельянова [9–11] был использован близкий к [3] формализованный подход для

ИССЛЕДОВАНИЕ РИСКА ЭКСПЛУАТАЦИИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ РЕЧНЫХ СУДОВ

*Г.В.Егоров, д-р техн. наук, проф., генеральный директор,
А.Г. Егоров, инженер-конструктор,
ЗАО «Морское инженерное бюро», г.Одесса,
контакт. тел. +38 (0482) 34 7928*

анализа риска морских судов, в [11] приведен пример анализа риска для нефтерудовозов смешанного река-море плавания пр. 1570: частота аварий – около 28 на 1000 судов в год (в 2001–2003 гг. – около 51).

Цель статьи – проанализировать произошедшие с 1991 г. (по февраль 2010 г.) аварии с корпусами речных судов. При этом рассмотрены происшествия, которые связаны с корпусом и устройствами, а также с пожарами и взрывами. Исследование выполнялось в составе научно-исследовательской работы по созданию облика перспективных судов внутреннего и смешанного плавания в рамках ФЦП «Развитие гражданской морской техники» на 2009–2016 годы».

Согласно [2], по степени повреждений, нанесенных людям, окружающей среде и техническим средствам, указанные ситуации условно разделены на пять уровней в зависимости от последствий (табл. 1). Формальная оценка последствий обозначается величиной C , определяемой по 5-балльной шкале. Всего было обработано 1303 аварии и катастрофы с судами, находившимися под надзором РРР. Суда имели ограничения по величине высоты волны 1%-ной обеспеченности $[h_{1\%}] = 0,6, 2,0$ м (СВП) и 3%-ной обеспеченности $[h_{3\%}] = 2,0, 3,5$ м (ССП).

В табл. 2 дана предложенная в [3] и расширенная в настоящей статье краткая классификация основных групп идентифицированных опасностей, имеющих значение для исследования надежности и безопасности СВП и ССП.

Общая частота возникновения опасности во всех исследуемых случаях определяется как $F_{AB} = N_1 / N_{AB}$, частота возникновения опасности для наиболее тяжелых случаев (катастроф), имеющих уровни последствий $C = 4$ и $C = 5$, $F_{КАТ} = N_1 / N_{КАТ}$, где N_1 – число аварийных ситуаций, где имела место i -я опасность, N_{AB} – количество всех изучаемых аварий, $N_{КАТ}$ – количество катастроф.

Обращает на себя внимание тот факт, что ряд опасностей имеет $F_{КАТ} > F_{AB}$, это свидетельствует об их значительной роли в увеличении степени тяжести последствий событий.

В их числе – водотечность непроницаемых конструкций (опасность 1.2) и близкие к ней по сути опасность 1.8 – невыполнение условий МК-66 (т.е. потенциальная водотечность), опасность 2.1 – перевозка металлолома и опасность 2.3 – применение грейферов.

Таблица 1

Классификация последствий аварий и аварийных ситуаций с СВП и ССП

Уровень последствий C	Количество рассмотренных происшествий и катастроф	Степень повреждения		
		Воздействие на людей	Воздействие на окружающую среду	Повреждение технических средств
1 – Light Incident	470	Нет	Нет	Ничтожное
2 – Incident	256	Легкое телесное повреждение	Ничтожное	Незначительное
3 – Casualty	171	Серьезное необратимое телесное повреждение	Существенное	Серьезное
4 – Serious Casualty	308	Потеря человеческой жизни	Критическое	Значительное
5 – Very Serious Casualty	98	Много человеческих жертв	Катастрофическое	Гибель судна

Идентифицированные опасности для судов внутреннего и смешанного река-море плавания

№	Опасности	F_{ABT} , %	$F_{КАП}$, %
1	Опасности, связанные с техническим состоянием корпуса, машин, механизмов и систем судна	96,4	89,9
1.1	Несоответствие технологий, уровня качества и допускаемых дефектов речного судостроения требованиям для морской эксплуатации	5,4	12,1
1.2	Водотечность наружной обшивки, настила второго дна, обшивки второго борта, обшивки поперечных переборок, стенок цистерн	50,8	75,1
1.3	Нарушение технологии при выполнении построчных, ремонтных и модернизационных работ	67,7	46,6
1.4	Пропуски дефектов при дефектации корпуса, машин, механизмов и устройств	69,8	63,3
1.5	Ошибки проектировщиков	5,5	4,2
1.6	Неисправности и выход из строя машин и механизмов	17,3	5,7
1.7	Большие объемы замен корпусных конструкций при ремонте	10,8	13,3
1.8	Не выполнение требований международной конвенции по грузовой марке в отношении люковых крышек, комингсов и конструкций воздушных труб, вентиляторов, непроницаемых дверей	3,4	8,4
1.9	Неисправности и выход из строя якорного устройства	2,3	2,2
1.10	Неисправности и выход из строя судовых системах	8,9	8,6
1.11	Неисправности и выход из строя рулевого устройства	23,7	1,7
1.12	Неисправности и выход из строя грузового устройства	6,1	-
2	Опасности, связанные с нарушениями технологии перевозки груза	15,4	29,1
2.1	Перевозка металлолома	6,7	15,5
2.2	Перевозка взрывоопасных грузов	2,1	1,7
2.3	Грузовые операции с применением грейферов, тяжелых погрузчиков и бульдозеров	7,2	16,5
2.4	Нарушение порядка погрузки/выгрузки в порту, «Инструкции по загрузке», «Наставления по креплению грузов», «Информации об остойчивости»	12,1	21,9
3	Опасности, связанные с действиями судовладельца, береговых операторов и экипажа	94,2	99,5
3.1	Балластировка, не соответствующая указаниями «Инструкции по загрузке и балластировке»	0,6	0,7
3.2	Сознательное нарушение установленных ограничений по району, сезону плавания	8,7	14,3
3.3	Сознательные и кратковременные посадки на мель, выморозка	3,5	9,1
3.4	Навигационные ошибки	21,8	38,7
3.5	Контакт с льдом, контакт со стенками причалов и шлюзов, столкновение с другим судном	29,0	47,0
3.6	Халатное отношение служб порта, бассейнового управления, СРЗ	38,1	36,2
3.7	Ошибка прогноза	23,8	47,0
3.8	Перегруз судна	2,2	5,7
3.9	Смена судовладельца	16,3	25,1
3.10	Сознательная эксплуатация при негодном т/с	1,8	5,2
3.11	Нарушение условий перегона, буксировки	1,5	3,7
3.12	Нарушение безопасного режима отстоя судов	17,4	20,7
3.13	Халатность экипажа, несоблюдение им ЭТД, ПТЭ	69,5	79,3

Отмечается существенная роль в событиях, имеющих последствия $C = 4$ и $C = 5$, человеческого фактора в виде ошибок при проведении ремонта (опасности 1.3, 1.7, 3.6) и дефектации (1.4), при эксплуатации судна (3.4, 3.6, 3.13), а также при проектировании (1.5).

Особую роль играет смена судовладельца (3.9), которая сопутствует значительному числу катастроф. Можно сказать, что именно переход СВП и ССП из классических структур пароходств в небольшие частные компании инициирует значительную часть других опасностей (см., например, 3.10, 3.12, 3.13).

СВП и ССП в связи с их пониженным стандартом прочности имеют меньшие запасы прочности, чем аналогичные суда неограниченного района плавания. Поэтому все факторы, приводящие к запроектному росту усилий на тихой воде и на волнении (1.1, 3.2, 3.3, 3.7, 3.8) отражаются на тяжести последствий воздействия на корпус СВП и ССП этих опасностей.

СВП и ССП работают в тяжелых условиях мелководья и частых шлюзований (до 30 в одном рейсе) летом и в ледовой обстановке зимой (ССП), что повышает весомость опасности 3.5, так как она в силу накопления деформационных повреждений и истирания наружной обшивки снижает несущую способность корпусов судов.

Обобщенные данные табл. 2 сформированы на основании обработки аварий и аварийных происшествий (для случаев с

$C = 1$, $C = 2$ и $C = 3$ примеры анализа приведены в табл. 3, для случаев с $C = 4$ и $C = 5$ – табл. 4).

Все 1303 случая были проанализированы с учетом тех данных, которые имелись в распоряжении, а также с помощью математического моделирования разных сценариев развития событий путем построения деревьев отказов (причин) и деревьев событий (последствий). Полученные здесь выводы не всегда совпадают с официальными заключениями и носят сугубо исследовательский характер.

В табл. 3 по каждой опасности указан по 3-бальной шкале коэффициент относительной ответственности (весомости) в рассматриваемом случае. По результатам исследования методами теории риска каждого происшествия назначались: балл 3 – опасность прямого действия, непосредственно приведшая к аварии; 2 – опасность косвенного действия, вызвавшая к жизни опасности с баллом 3; 1 – фоновые опасности, оказавшие неблагоприятное воздействие на ситуацию.

Для каждой опасности был определен обобщенный уровень риска СВП и ССП R , который определялся как произведение вероятности возникновения опасности F на последствия воздействия указанной опасности на объект C . Условная вероятность F рассчитывалась по 5-бальной шкале (1 – частота возникновения в 0–20% аварийных случаях, 2 – 21–40%, 3 – 41–60%, 4 – 61–80%, 5 – 81–100%).

Идентификация и последствия опасных катастрофам СВП и ССП (примеры)

Проект, название, дата постройки, возраст на момент аварии, дата аварии, [h _{1%}]	Вид опасности (номера см. в тексте статьи) и относительная ответственность																Описание последствий															
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10	1.11	1.12	2.1	2.2	2.3	2.4		3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10	3.11	3.12	3.13		
Пр. 112, Дунайский-46, 1964, 44 г., 05.11.2008, [h _{1%}] = 2 м	2	1	1	1		1			1											2	3	1	1							1	Затонул от полученной пробоины в днище, уклонение от судового хода (4)	
Пр. 1435, Зарница-60, 1982, 14 лет, 15.11.1996, [h _{1%}] = 0.6 м	2																			2	3	1	2								Затонул при столкновении с т/х «Радо-неж» (5)	
Пр. 183А, БСП-22, 1964, 38 лет, 19.09.2002, [h _{1%}] = 1.2 м	1	2	1	1														3					3	1						Затонул во время шторма. Нарушение условий плавания (5)		
Пр. 183ВМ, МП-3, 1992, 12 лет, 06.11.2004, [h _{1%}] = 1.2 м	2		2	2																			2	2	3					1	Опрокидывание и затопление. Эксплуатация баржи с водотечностью, перегруз, ошибка судоводителя, неутвержденное переоборудование (5)	
Пр. 378, РБТ-75, 1959, 35 лет, 14.11.1994, [h _{1%}] = 2 м																	3						2	3	1					2	Опрокидывание и затопление во время буксировки (5)	
Пр. 461Г, 7621, 1967, 40 лет, 06.09.2007, [h _{1%}] = 2 м	1	3	2	2		1	1															2	3							Под угрозой затопления (пробоина в днище) баржа была выброшена на берег (5).		
Пр. БМК-130М, 5432, 1985, 15 лет, 04.05.2000, [h _{1%}] = 1.2 м							1											3						1	2					2	Накренился и затонул с людьми на борту. Нарушение условий плавания и ИО (5)	
Пр. КС-100Д, М-208, 1988, 12 лет, 04.05.2000, [h _{1%}] = 1.2 м		2																								1					Затонул. Моторист самовольно отогнал т/х, у которого после прочистки не был закрыт верхний люк движителя (4)	
Пр. ЛБК-1800Р, БРГ-11, 1963, 45 лет, 10.06.2008, [h _{1%}] = 1.2 м		3	2	2		1	1	1	1	1	1									2	3				1	2					Затонул в результате получения 7 пробоин (5)	
Пр. Р-33, Виллой, 1968, 29 лет, 21.05.1997, [h _{1%}] = 1.2 м	2		1					2													3		1	1				3			2	Затонул во время ледхода. Оборваны швартовы и якорная цепь во время ледхода. Нарушение условий отстоя (4)
Пр. Р-39, Док-2, 1980, 14 лет, 05.09.1994, [h _{1%}] = 1.2 м	2																					1									3	Затонул. Докмейстер, находясь в нетрезвом виде, не закрыл забортный клинкет и затопил док (4)
Пр. Р-94, МЗ-11, 1982, 24 г., 19.01.2006, [h _{1%}] = 1.2 м																		3						2	1						1	Опрокидывание и затопление в Баренцевом море во время шторма при переезде (5)
Пр. Р-96А, БТВ-307, 1980, 13 лет, 14.07.1993, [h _{1%}] = 1.2 м	2		1																		2	3	1	3								Затонул. Судоводительская ошибка, ударился о затонувшее судно и получил пробоины при сильном ветре на рейде Якутского порта (5)

Формальная оценка риска СВП и ССП

Опасность	Все случаи			Катастрофы		
	F	C	R	F	C	R
1.1	0.27	1.92	0.52	0.60	2.27	1.37
1.2	2.54	1.85	4.70	3.76	2.71	10.18
1.3	3.38	1.03	3.50	2.33	2.16	5.02
1.4	3.49	1.08	3.79	3.17	2.14	6.78
1.5	0.28	1.03	0.28	0.21	1.94	0.41
1.6	0.86	0.92	0.80	0.28	2.07	0.59
1.7	0.54	0.94	0.51	0.67	1.57	1.05
1.8	0.17	1.65	0.28	0.42	1.91	0.80
1.9	0.12	1.73	0.20	0.11	2.59	0.29
1.10	0.45	1.18	0.53	0.43	1.92	0.83
1.11	1.19	1.10	1.31	0.09	2.43	0.21
1.12	0.31	1.46	0.45	0.00	-	-
2.1	0.33	1.28	0.43	0.78	1.45	1.12
2.2	0.11	1.85	0.20	0.09	2.86	0.25
2.3	0.36	1.39	0.51	0.83	1.44	1.19
2.4	0.60	3.07	1.85	1.10	4.12	4.52
3.1	0.03	1.46	0.04	0.04	1.44	0.05
3.2	0.43	2.81	1.22	0.71	4.02	2.87
3.3	0.18	3.51	0.62	0.46	3.79	1.73
3.4	1.09	2.22	2.42	1.93	2.91	5.63
3.5	1.45	2.88	4.18	2.35	3.93	9.25
3.6	1.91	1.61	3.07	1.81	2.79	5.05
3.7	1.19	1.72	2.05	2.35	2.13	5.02
3.8	0.11	3.92	0.42	0.28	4.16	1.18
3.9	0.81	1.34	1.09	1.26	1.88	2.36
3.10	0.09	2.86	0.25	0.26	2.94	0.76
3.11	0.07	2.89	0.21	0.18	3.31	0.61
3.12	0.87	2.79	2.42	1.03	3.95	4.08
3.13	3.48	1.82	6.33	3.97	2.59	10.27

В табл. 4 представлена формальная оценка риска, полученная в двух вариантах: на основе всех рассмотренных аварийных ситуаций и для катастроф.

На основе данных табл. 4 были построены матрицы риска СВП и ССП: на рис. 1 – для всех аварийных случаев и происшествий, исследуемых в статье, и на рис. 2 – для катастроф.

Анализ рис. 1 и 2 позволяет сделать следующие выводы:

– наибольшую опасность для СВП и ССП представляет опасность 1.2 (фактическое обеспечение непроницаемости корпусных конструкций), существующий уровень риска по данной опасности относится к так называемой зоне «ALARP», т.е. находится в пределах минимально практически допустимого риска;

– опасности 1.3 (нарушение технологии), 3.4 (навигационные ошибки), 3.5 (столкновения), 3.6 (некачественная работа береговых служб) имеют достаточно высокий формаль-

ный уровень риска как по частоте, так и по последствиям, которые также относятся к зоне «ALARP»;

– опасности 1.4 (пропуски дефектов при дефектации), 3.7 (ошибка прогнозов), 3.13 (нарушение ПТЭ экипажем) относятся к зоне «ALARP» за счет высокой частоты возникновения;

– опасности 2.4 (нарушение «Инструкции по загрузке»), 3.2 (нарушение ограничений), 3.3 (посадки на мель), 3.8 (перегруз), 3.10 (эксплуатация при негодном т/с), 3.11 (перегон, буксировка), 3.12 (отстой судна) относятся к зоне «ALARP» за счет тяжести последствий.

Согласно подходам, принятым в методе формализованной оценки безопасности [1, 3], опасности, которые отнесены по уровню риска к зоне «недопустимого риска», должны быть подвергнуты процедуре управления риском (снижения частоты и/или последствий) при любом уровне за-

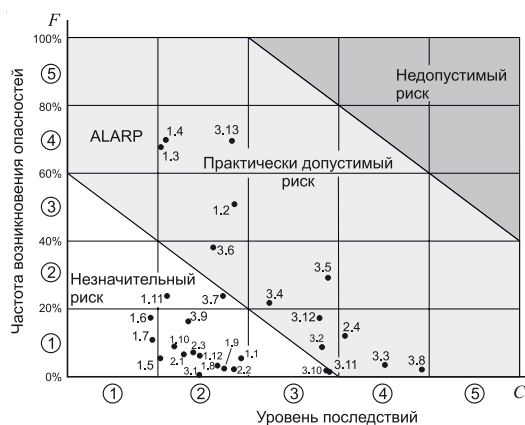


Рис. 1. Матрица риска СВП и ССП (для всех исследованных аварий)

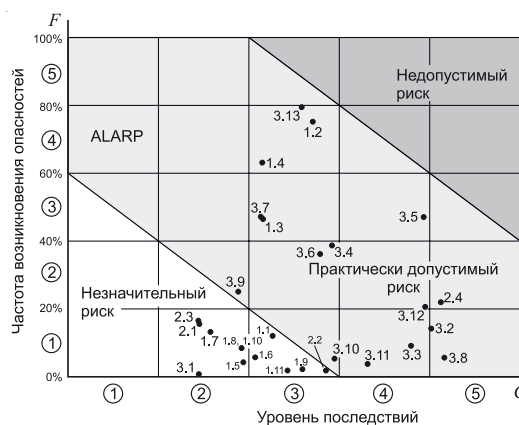


Рис. 2. Матрица риска СВП и ССП (для катастроф)

трат, требуемых для этого. Опасности из зоны «ALARP» требуют проведения технико-экономического анализа с определением оптимальных по стоимости мероприятий по снижению уровня риска.

Решение задачи управления риском СВП и ССП при воздействии опасности 1.2 лежит в сфере организационно-технических мероприятий при проведении наблюдения за фактическим состоянием корпусов судов при эксплуатации.

На основании статистики были построены графические зависимости числа аварий и катастроф от возраста судна (рис. 3) и распределение по годам (рис. 4).

На рис. 3 наблюдается устойчивый рост аварийности для судов старше 13 лет с пиками аварий для судов с возрастом 22–25 лет и 30–33 года (предшествующий и последующий периоды расчетному сроку эксплуатации судов).

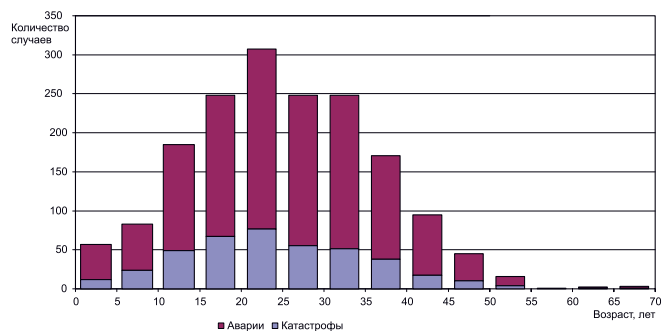


Рис. 3. Зависимости количества аварий и катастроф от возраста судна

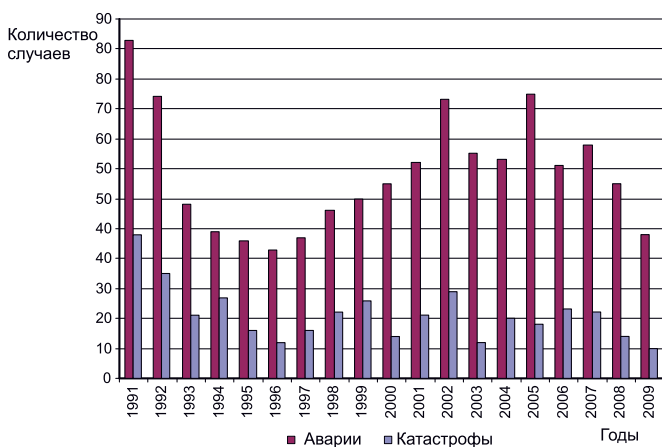


Рис. 4. Распределение количества аварий и катастроф по годам

Рис. 4 позволяет отметить цикличность аварийных случаев. Максимальное количество аварийных случаев приходится на 1991–1992 гг. (113 и 94 аварийных случая в год), на 2002 г. (93 аварийных случая) и на 2005 г. (96 аварийных случаев). С 1997 г. наблюдается рост количества аварийных случаев, что связано с «оживлением» судоходства после середины 90-х. В 2008–2009 гг. наблюдается спад количества аварийных случаев (65 и 48 аварийных случаев), однако, это говорит не об уменьшении аварийности и принятых мерах безопасности, а о снижении интенсивности эксплуатации в связи с известными кризисными явлениями в экономике.

Интерес представляет также распределение количества аварий и катастроф по классам аварий (табл. 5). Графически роль различных классов аварий представлена на рис. 5–7. Как видно из табл. 6, при всех уровнях последствий роль затопления, повреждений корпуса и устройств практически одинакова – по 28–30% от общего количества событий, на пожары и взрывы приходится порядка 14.5%. При уровнях последствий $C=1, 2, 3$ (аварии) на первый план выходит повреждение устройств (43.7% из всех аварий). При уровнях последствий $C=4$ и 5 (катастрофы) – затопление судна (67.5% из всех катастроф).

Достаточно интересным представляется относительная опасность класса аварии. В трех из четырех событий, связанных с затоплением, происходит гибель судна. Каждое третье судно с повреждением корпуса гибнет. На 100 аварийных случаев, связанных с пожарами и взрывами, приходится 7 катастроф. Не зафиксировано ни одного события, связанного с повреждением устройств, которое привело бы к гибели судна.

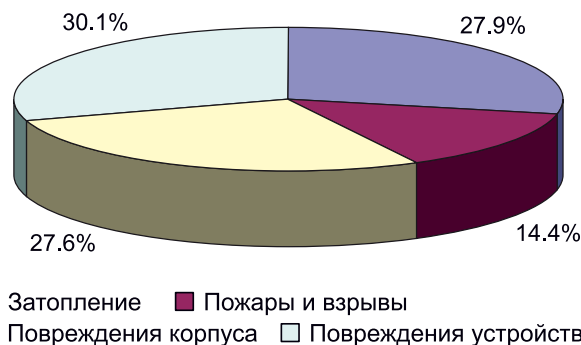


Рис. 5. Роль различных классов аварий при всех уровнях последствий

Число различных классов аварий и катастроф

Таблица 5

Класс аварии	Затопление	Пожары и взрывы	Повреждения корпуса	Повреждения устройств	Σ
Аварии и катастрофы					
Количество	364	187	360	392	1303
Относительная доля	27.9%	14.4%	27.6%	30.1%	100%
Аварии					
Количество	90	173	242	392	897
Относительная доля	10.0%	19.3%	27.0%	43.7%	100%
Катастрофы					
Количество	274	14	118	0	406
Относительная доля	67.5%	3.4%	29.1%	0.0%	100%
Относительная опасность класса аварии					
Доля аварий в общем количестве событий	25%	93%	67%	100%	
Доля катастроф в общем количестве событий	75%	7%	33%	0%	

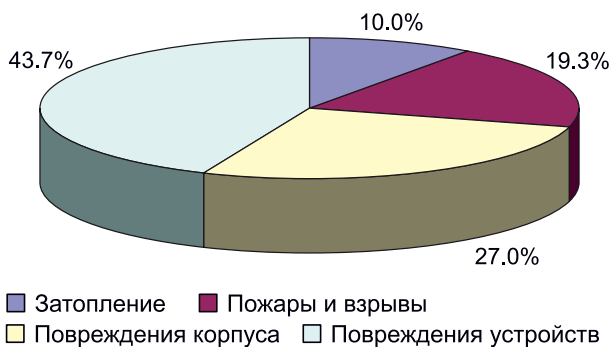


Рис. 6. Роль различных классов аварий при уровнях последствий $C=1, 2, 3$

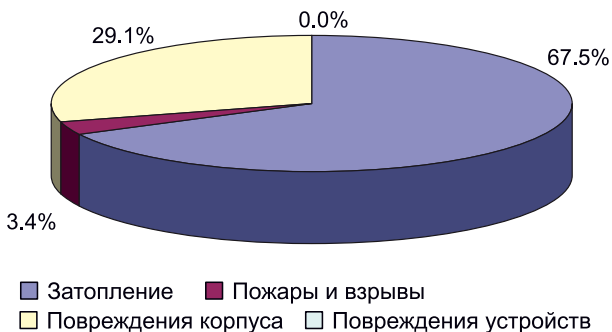


Рис. 7. Роль различных классов аварий при уровнях последствий $C=4$ и 5

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В краткосрочной и среднесрочной перспективе обеспечение достаточной надежности и безопасности СВП и ССП при сохранении приемлемого уровня эффективности возможно только при системном подходе на всех стадиях жизненного цикла этих судов, включая этапы классификации и требований Правил, проектирования, строительства, эксплуатации, освидетельствований, ремонта и модернизации. Необходим индивидуальный подход к существующим судам СВП и ССП, с учетом условий эксплуатации, перевозимых грузов, средств погрузки-выгрузки, габаритных ограничений водных путей и портов, ледовой обстановки.

Кардинальное долговременное решение проблемы возможно за счет строительства нового флота СВП и ССП [1, 7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров Г.В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска. – СПб.: Судостроение, 2007. – 384 с.
2. Егоров Г.В. Развитие требований к средствам контроля загрузки морских и смешанного плавания судов. – Авто-

матизация судовых технических средств: научн.-техн. сб. – Одесса: ОГМА, 2000. – Вып. 5. – с. 36–53.

3. Егоров Г.В. Исследование риска при эксплуатации судов смешанного плавания. – Сб. научн. трудов УГМТУ. – Николаев: УГМТУ, 2000, №5, с. 49–59.
4. Егоров Г.В. О причинах переломов корпусов судов // Проблемы техники. – 2002. – №2. – с. 3–15.
5. Егоров Г.В. Анализ аварий корпусов судов ограниченных районов плавания // Проблемы техники. – 2002. – №3. – с. 3–25.
6. Егоров Г.В. Суда смешанного река–море плавания: перспективы существующего флота. – Сб. научн. трудов НУК. – Николаев: НУК, 2008, №3 (420). – с. 3–12.
7. Егоров Г.В. Перевозки отечественным водным транспортом, состояние речного флота и перспективы нового судостроения // Морская Биржа. – 2010. – N4 (34). – с. 20–26.
8. Егоров Г.В. Исследование риска аварий корпусов транспортных судов ограниченных районов плавания за 1991–2010 годы // Вестник ОНМУ. – 2010. – Вып. 30. – с. 53–76.
9. Емельянов М.Д. Критические элементы морских судов // Судостроение. – №6. – 2008. – с. 16–22.
10. Емельянов М.Д. Оценка риска и критические элементы морских судов // Проблемы развития морского флота: Сб. научных трудов. – СПб.: Изд. ЦНИИМФ, 2009. – с. 20–41.
11. Емельянов М.Д. Применение условных рисков для оценки безопасности морских судов // Транспорт РФ. – 2009. – №3–4 (22–23). – с. 40–45.
12. Обзор поврежденных судов и их элементов за 1991–2001 гг. // Российский Речной Регистр. – М.: Изд. РРР, 2002. – 96 с.
13. Преснов С.В. Аварийность судов внутреннего и смешанного (река–море) плавания в морских районах в 2002 г. – Наука и техника на речном транспорте: информационный сборник. – М.: ЦБНТИ МТ РФ, 2003. – с. 22–31.
14. Приказ Минтранса РФ от 1 ноября 2002 г. №136. «Об утверждении Положения о классификации судов внутреннего и смешанного (река–море) плавания».
15. Шурпяк В.К., Сергеев А.А. Анализ аварийности на судах с классом Регистра // Научно-технический сборник. – СПб: Российский Морской Регистр судоходства, 2005, вып. 28, С. 32–46.
16. Consolidated text of the Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO Rule-making process. MSC/Circ. 1023 – MERC/Circ. 392. – 14.05.2007.
17. Curry R. Merchant ship losses 1934–1993: an overview // RINA Transaction. – London, RINA, 1995. – P. 1–50.
18. General Cargo ships - danger overlooked? // The Naval Architect. – 2003. – February. – P. 30–32.
19. Manley C.V. Merchant ship losses – a general review // RINA Transaction. – London, RINA, 1965. – P. 539–548. ■

За последние годы в морской деятельности РФ произошли принципиальные изменения, прямо определяющие направления технико-технологического совершенствования навигационно-гидрографического обеспечения (НГО). Эти изменения связаны:

– с определением руководством страны курса на решение проблем в экономике и других сферах жизни общества на основе инноваций и технологической модернизации, в том числе курса на создание новой высокотехнологической армии;

– с принятием «Стратегии развития морской деятельности Российской Федерации» (8.12.2010 г., № 2205-р);

– с выполнением ряда крупных исследований и разработок в сфере НГО оборонной и морской экономической деятельности;

– с изменением структуры организаций, отвечающих за разработку технической политики в области НГО – произошла реорганизация Управления навигации и океанографии (УНиО), из его подчинения выведен ряд подразделений, состоялось их акционирование (ГНИНГИ, ЦКФ, 18 СКТБ ВМФ).

Учитывая значение НГО для морской деятельности, оценка современного состояния системы НГО и имеющихся проблем актуальны, это позволит консолидировать усилия по выработке практических рекомендаций, обеспечивающих реализацию «Стратегии развития морской деятельности Российской Федерации».

Отличительная нормативная особенность НГО морской деятельности состоит в том, что оно законодательно отнесено к сфере полномочий МО РФ, которые определены Военной доктриной РФ, «Положением о Министерстве обороны» (Утв. Указом Президента РФ от 16 августа 2004 г. № 1082) и другими нормативными правовыми документами РФ.

Исходя из этого, к компетенции ВМФ (Гидрографической службы ВМФ) отнесены, в частности, следующие задачи:

– создание и поддержание условий для безопасности экономической и других видов деятельности Российской Федерации в ее территориальном море, исключительной экономической зоне, на континентальном шельфе, а также в удаленных районах Мирового океана;

– участие в океанографическом, гидрометеорологическом, картографическом, поисково-спасательном

ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИОННО-ГИДРОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ - ВАЖНЫЙ ФАКТОР РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ*

С.П. Алексеев, д-р техн. наук, проф., генеральный директор ОАО «ГНИНГИ», контакт. тел. (812) 322 2113

обеспечении деятельности соответствующих государственных органов и иных организаций;

– обеспечение навигационной безопасности мореплавания.

Реализация указанных полномочий обеспечивается в числе прочих, системой НГО.

ПРИОРИТЕТЫ РАЗВИТИЯ НГО МОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Научно-техническое развитие и инновации в сфере НГО должны обеспечивать эффективную реализацию целей и задач национальной морской политики, сформулированных в Морской доктрине РФ и детализированных целым рядом документов. Анализ положений этих документов позволяет определить следующие приоритетные направления в развитии НГО морской деятельности РФ:

– делимитация морских пространств РФ;

– создание технических средств – морских средств навигации и океанографии (МСНиО) и гидрографических судов;

– навигационное оборудование акваторий и разработка путей движения;

– повышение безопасности морской деятельности;

– развитие морской картографии;

– научные исследования и разработки;

– информационное обеспечение;

– совершенствование нормативной правовой основы.

Масштабы развития системы НГО определены «Стратегией развития морской деятельности РФ до 2030 г.».

ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ НГО МОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Оценка современного состояния системы НГО морской деятельности дана на заседании Научно-экспертного совета Морской коллегии при Правительстве РФ в конце декабря 2010 г., где зафиксировано, что проблемы НГО носят системный характер и связаны главным образом с недостатком финансирования.

Сокращение гидрографических и океанографических работ по исследованию морских акваторий привело к несоответствию количественных и качественных показателей НГО предъявляемым требованиям и сделало невозможным поддержание в необходимом состоянии национальной коллекции морских карт и фондов государственных геоинформационных данных. Изучение морей и океанов снизилось до критического уровня. Свернуты необходимые научные исследования, что предопределило стагнацию системы НГО и ее технических компонентов.

Для приведения количественных и качественных показателей НГО в соответствие с предъявляемыми требованиями необходимо выполнить большой объем работ (табл. 1).

К 2020 г. планируется построить более 100 научно-исследовательских, экспедиционных, спасательных, патрульных судов и судов для геолого-геофизических работ, которые также являются объектами НГО: За счет строительства новых судов и кораблей планируется на 60% повысить потенциальные возможности сил флота.

* По материалам доклада на 7-й Росс. науч.-техн. конфер. «Навигация, гидрография и океанография: приоритеты развития и инновации морской деятельности» (НГО–2011).

Целевые показатели развития системы НГО морской деятельности

Целевой индикатор	2010-2012	2013-2020
Доля районов интенсивной морской деятельности, в которых гидрографическая изученность обеспечивает безопасную и эффективную морскую деятельность РФ в общей площади акваторий, % – МО РФ	60	75
Доля обновления морских навигационных карт и пособий для плавания в общей численности коллекции, % – МО РФ	70	85
Количество вновь созданных гидрографических судов, ед. – МО РФ	5	7
Количество вновь созданных средств измерения, ед. – МО РФ	81	97
Доля средств СНО, работающих с установленным коэффициентом исправного действия в общем количестве средств, % – МО, Минтранс РФ	80	100
Прирост числа информационных ресурсов, интегрированных в ЕСИМО и предоставленных средствами системы для совместного применения, ед. – МПР, МЧС, МО, ФСБ РФ и др.	145	250

ДЕЛИМИТАЦИЯ МОРСКИХ ПРОСТРАНСТВ РФ

Одним из приоритетных направлений национальной морской политики является делимитация морских пространств Российской Федерации.

В соответствии с «Основами государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу», утвержденными Президентом РФ 18 сентября 2008г. № Пр-1969, обеспечение разграничения морских пространств включено в число главных целей стратегического плана социально-экономического развития Арктической зоны Российской Федерации и укрепления национальной безопасности.

Уникальное географическое положение Северного Ледовитого океана, недостаточный уровень геолого-геофизической изученности, неоднозначность в трактовке глубинного строения его недр, обуславливают значительные сложности в определении внешних границ континентального шельфа (ВГКШ) приарктических государств в юридических рамках Конвенции ООН по морскому праву 1982 г. (далее – Конвенция) (рис. 1).

Исходя из рекомендаций Комиссии ООН по границам континентального шельфа и на основании последующих решений Правительства РФ, Морской коллегии при Правительстве РФ, ведомственных и межведомственных программ и планов, ученые и специалисты Минприроды, Минобороны, РАН, других ведомств и организаций совместно ведут подготовку материалов (дополнительных гидрографических и геофизических данных по значимым районам Северного Ледовитого океана (СЛО) для обоснования внешних границ континентального шельфа России).

В 2010 г. при проведении батиметрических исследований (научный руководитель работ – доктор технических наук, проф. И. Ф. Глумов) ОАО «ГНИНГИ» сформировало консорциум в составе: ГУ «АНИИ», ФГУП «ВНИИОкеангеология», ЗАО «Транзас», ЗАО «Гидро-Си», ОАО «Севернефтегаз». Ледовую проводку обеспечил атомный ледокол «Ямал» ФГУП «Атомфлот».

В 2010 г. выполнен в установленные сроки в полном объеме первый этап работы по определению и обоснованию внешней границы континентального шельфа РФ в СЛО в соответствии с требованиями Конвенции ООН.

Впервые съемка рельефа морского дна в данной зоне СЛО выполнялась с надводного судна по заранее определенным прямолинейным батиметрическим профилям. За 77 суток выполнен огромный объем работы: пройдено 14 436 миль, выполнено 13 304 лин. км съемки.

На 2011 г. запланировано проведение комплексных геофизических работ на исследовательском судне НЭС «Академик Федоров» с использованием аппаратно-технического геофизического комплекса морского арктического исполнения фирмы «ION GXT» (США). Сейсмические работы планируется выполнять под проводкой атомного ледокола «Россия» в объеме не менее 6000 пог. км. В результате выполнения этих работ должны быть получены геолого-геофизические и навигационно-гидрографические материалы, необходимые для определения мощности осадков, сейсмогеологического разреза осадочного комплекса и проведения внешней границы континентального шельфа Российской Федерации по критерию однопроцентной мощности в Арктике.

Анализ основных новых морских технических средств свидетельствует о том, что для их дальнейшего совершенствования необходимо развивать следующие инновационные направления:

МОРСКИЕ СРЕДСТВА НАВИГАЦИИ

– разработка бесплатформенных инерциальных навигационных систем на волоконно-оптических гироскопах;

– разработка абсолютных лагов для надводных кораблей для повышения точности выработки навигационных параметров;

– разработка астронавигационных систем для надводных кораблей и судов, предназначенных для определения места корабля и поправок систем курсоуказания по астроориентирам;

– разработка унифицированного картографического сервера для обеспечения всех корабельных потребителей цифровой картографической информацией;

– модернизация орбитальной группировки, наземного комплекса управления и навигационной аппаратуры потребителей СНС ГЛОНАСС для качественного улучшения всех ее характеристик, достижения превосходства над другими СНС по всем ТТХ.

В настоящее время в РФ уже разрабатывается новая целевая программа развития СНС ГЛОНАСС на 2012–2020 гг.

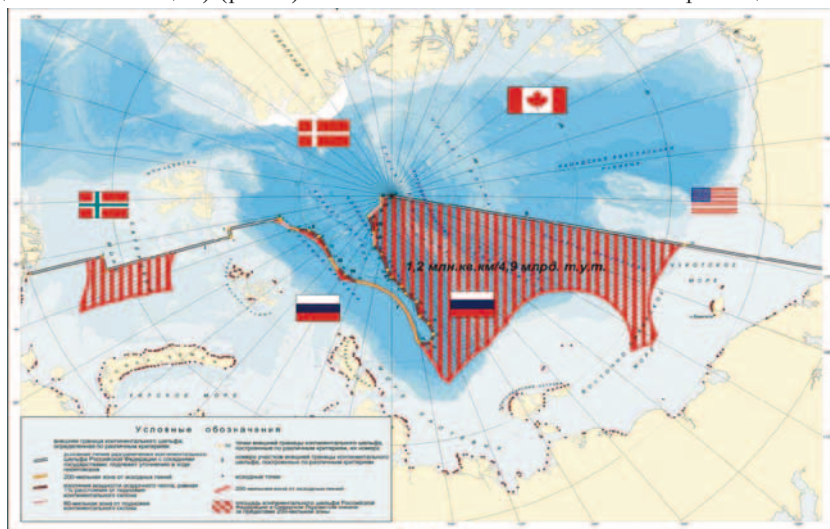


Рис. 1. Внешняя граница юридического шельфа с учетом критериев Конвенции 1982 г.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ГИДРОГРАФИИ, МОРСКОЙ ГЕОФИЗИКИ И ОКЕАНОГРАФИИ

В настоящее время на мировом рынке широко представлен ряд новых гидроакустических технических средств съемки и обследования морского дна. В них реализованы передовые технологии и методы, позволившие существенно повысить детальность и производительность работ при выполнении съемки и обследования рельефа и грунта дна.

В рамках данного направления в РФ завершена разработка малогабаритного гидрографического комплекса площадной съемки рельефа дна в прибрежной зоне (ОКР «Мускат-2») и малогабаритного гидролокатора бокового обзора «Валаам» с высокой разрешающей способностью.

Для расширения возможностей дистанционной съемки рельефа дна акваторий портов, устьевых участков рек, прибрежных мелководий планируется создание отечественных лазерных измерителей глубин.

За последний период удалось реализовать потенциал в области гидрометеорологического обеспечения корабельной авиации (комплекс «Касметео-К») и авиации берегового базирования (комплекс «Касметео-К-Б», рис. 2).



Рис. 2. Комплекс «Касметео-К-Б»

Принят на вооружение и серийно выпускается комплекс гидрометеорологического обеспечения «Сюжет-КМ» для кораблей с одиночным базированием летательных аппаратов. Комплекс планируется к установке на всех стоящих и модернизируемых кораблях ВМФ.

МОРСКАЯ КАРТОГРАФИЯ

Одной из главных функций НГО является снабжение потребителей морскими (бумажными) и электронными навигационными картами (МНК и ЭНК).

В настоящее время на международном рынке доля картографической продукции, издаваемой Управлением навигации и океанографии Минобороны

России, составляет менее 2%, доля картографической продукции Британского Адмиралтейства – 93%. При этом коллекция морских навигационных карт России – 6500 адмиралтейских номеров, а коллекция Великобритании – 3500 адмиралтейских номеров.

Основные направления развития системы морской картографии определяет «Концепция развития отрасли геодезии и картографии до 2020 года», утвержденная Распоряжением Правительства РФ от 17 декабря 2010 г. № 2378-р. В целях реализации положений данной концепции и достижения указанных показателей целесообразно создать государственную информационную систему «Морская картография».

Создание «ядра» системы на базе ОАО «ГНИНГИ» уже начато и финансируется согласно Постановлениям Правительства РФ №919 от 10.08.1998 г. и №619 от 12.08.2010 г. в рамках ФЦП «Мировой океан» (подпрограмма «Военно-стратегические интересы России в Мировом океане»).

ИННОВАЦИОННЫЕ ЛЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В настоящее время и на долгосрочную перспективу исключительную актуальным является обеспечение работ в Арктическом бассейне в целях изуче-

ния недр, оценки и освоения минерально-сырьевой базы углеводородного сырья, развития транспортной инфраструктуры.

Настал момент для формирования крупной программы НИОКР с государственной поддержкой и поддержкой ведущих энергетических компаний, предусматривающих создание соответствующих технологий и оборудования, среди которых могут быть:

- теоретические и экспериментальные исследования процессов искусственной модификации ледяного покрова;
- разработка технико-технологических решений выполнения геологоразведочных, инженерно-изыскательских и строительных работ в тяжелых ледовых условиях;

- исследование сценариев взаимодействия ледяного покрова с производственными объектами при выполнении работ в Арктическом регионе, разработка методик управления риском в ледовых условиях;
- совершенствование организации технологии мониторинга ледяного покрова в интересах выполнения работ в Арктическом регионе;
- совершенствование системы информационного обеспечения Арктического региона по природно-климатическим и навигационно-гидрографическим условиям;
- создание системы комплексной безопасности (КСБ) Арктического региона и др.

БЕЗОПАСНОСТЬ МОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В таких документах, как «Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года», «Морская доктрина Российской Федерации на период до 2020 года», «Основные направления развития вооружения, военной и специальной техники на период до 2025 года», ФЗ № 35 «О противодействии терроризму», ФЗ № 16 «О транспортной безопасности», ФЗ № 261 «О морских портах в Российской Федерации» и другие, уделяется большое внимание вопросам безопасности морской деятельности.

Исходя из обобщения мирового опыта и применяемой практики, решение проблемы обеспечения безопасности морской деятельности должно быть основано на создании интегрированной системы по управлению безопасностью с современными информационными технологиями инновационного характера.

Принципами построения комплексной системы безопасности (КСБ) и организации процессов управления безопасностью являются:

- интеграция функций всех составляющих комплекса безопасности в единую автоматизированную систему;
- обеспечение живучести, гибкости и непрерывности управления системой безопасности;
- приоритетное использование решений, основанных на инновационных технологиях;
- применение современных методов анализа ситуаций, прогнозирования возможных вариантов их развития и поддержки принятия решений на основе полной, достоверной и своевременной информации;
- постоянное ориентирование на максимизацию критерия «эффективность/стоимость».

Предложения по созданию КСБ освоения нефтегазового потенциала шельфа были разработаны в ходе ис-

полнения поручения Президента РФ от 22 октября 2002 года № Пр-1888.

Для реализации концепции КСБ, в частности КСБ Арктической зоны, целесообразно создание Центра безопасности морской деятельности.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ

Обзор шельфовых проектов, проекты обеспечения безопасности мореплавания в новых районах интенсивной морской деятельности и при выполнении работ по обустройству нефтегазовых месторождений показывают, что потенциал НГО, накопленный опыт участия в проектно-исследовательских работах, а также отлаженная организация взаимодействия по линии Министерства обороны (ВМФ) могут эффективно использоваться в деятельности таких компаний, как ОАО «Газпром», «Echop Mobile», «Sakhalin Energy», «Shokman Developmen AG» и других.

Крупные коммерческие проекты и долгосрочное стратегическое партнерство с ведущими энергетическими компаниями – важный механизм формирования инновационного потенциала развития НГО морской деятельности.

В контексте изложенного весьма примечательным является организация сотрудничества с ОАО «Газпром» за 2003–2010 гг. в рамках совместной деятельности по соответствующим планам.

Выполнение мероприятий этого плана совместной деятельности в практической реализации технической политики ОАО «Газпром» в области морской деятельности было направлено на получение результатов, которые позволяют расширить районы освоения морских нефтегазовых месторождений, в том числе с сузовыми климатическими условиями, а также сократить транспортные издержки, повысить уровень безопасности морской деятельности, в том числе снизить риски, угрожающие жизни и здоровью людей и нанесению материального ущерба объектам при возникновении аварийных ситуаций.

Основные результаты по направлениям совместной деятельности в 2008–2010 гг. следующие:

- обеспечен благоприятный оперативный режим реализации планов проектирования и строительства объектов проекта «Северный поток» на основе взаимодействия со штабом Балтийского флота и разработки необходимых документов;

- выполнена разработка технологий, технических средств и ор-

ганизационных мероприятий в области аварийно-спасательного, навигационно-гидрографического обеспечения и ледового менеджмента, что обеспечивает повышение эффективности освоения и безопасной эксплуатации месторождений в регионе (концепции ледового менеджмента и системы управления АСО, планы по поисково-спасательным операциям, рекомендации по оказанию медицинской помощи, маршрутам и режимам плавания);

- разработаны новые стандарты и уточнены действующие положения нормативных плановых, правовых и организационно-технических документов регулирования деятельности ОАО «Газпром», включая документы системы стандартизации, в области навигационно-гидрографического, аварийно-спасательного и авиационного обеспечения разработки месторождений («Р Газпром», СТО, положения, планы, рекомендации и др.);

- получены технико-экономические оценки по выбору перспективных маршрутов транспорта углеводородов, размещению ремонтной базы и объектов строительства ОАО «Газпром» с учетом инфраструктуры региона и деятельности сил флотов, созданию центров подготовки капитанов танкеров;

- разработаны рекомендации и сделаны предложения по экологической и антитеррористической безопасности производственного комплекса, профессиональной подготовке персонала объектов разведки, добычи и транспортировки углеводородов к эвакуации при возникновении аварийной ситуации.

Анализ результатов, роли и места планов совместной деятельности ОАО «Газпром» и ВМФ в области освоения энергетических ресурсов шельфа РФ и повышения безопасности морских нефтегазовых объектов показывает, что направления дальнейшей совместной деятельности продолжают оставаться актуальными.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Одно из важных направлений работы в области НГО – информационное обеспечение органов государственного и военного управления, частей и подразделений ВМФ, мореведческих организаций данными о состоянии природной среды Мирового океана.

Основой для решения этих задач является Банк океанографических данных Минобороны России, создание и пополнение которого возложено

на Научно-исследовательский океанографический центр (НИОЦ) ГНИНГИ. Использование этого банка данных и современной вычислительной техники позволяет на качественно новой основе решать задачи информационного обеспечения оборонных и экономических задач морской деятельности России.

Направления информационного обеспечения реализуются по ФЦП «Мировой океан»:

- в рамках подпрограммы «Создание Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО)» в Минобороны России сформирована военная подсистема, в состав которой входят ГНИНГИ, 373 центра и 280 ЦКП ВМФ;

- в рамках подпрограммы «Военно-стратегические интересы России в Мировом океане» формируется Единый центр данных океанографических и гидрографических исследований Мирового океана, предназначенный для обеспечения потребителей информационной продукцией, и ведется разработка Единой государственной системы освещения надводной и подводной обстановки (ЕГСОНПО).

Актуальность проблемы совершенствования НГО морской деятельности, внедрения инновационных технологий определяется также и тем, что существующие нормативные документы в сфере НГО характеризуются недостаточной развитостью и совершенством (наличие существенных пробелов и противоречивость отдельных правовых норм, дублирование ряда функций федеральных органов исполнительной власти в области НГО морской деятельности РФ).

Одним из направлений совершенствования нормативной правовой основы в области НГО на современном этапе является принятие «Концепции навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности Российской Федерации». В настоящее время проект этой «Концепции ...», рассмотрен и одобрен на заседании научно-экспертного совета Морской коллегии при Правительстве РФ от 16 декабря 2010 г.

Следующим шагом должны являться разработка и принятие Федерального закона «О навигационно-гидрографическом обеспечении», определяющего правовые отношения в области НГО.

Таким образом, реализация приоритетных направлений НГО предопределяет его инновационное развитие, что находится в ряду важных факторов стратегии совершенствования морской деятельности. ■

Рассмотрим прямоугольную пластину, толщина которой имеет ступенчатую форму, как показано на рис. 1. Пусть толщина пластины изменяется ступенчато в направлении оси x . Тогда можно записать [2]

$$h(x) = h_1 + \sum_{k=1}^K (h_{k+1} - h_k) \theta(x - a_k^*), \quad (1)$$

где h_k – толщины ступеней; a_k^* – координаты скачков; K – количество скачков; $\theta(x)$ – единичная функция Хевисайда.

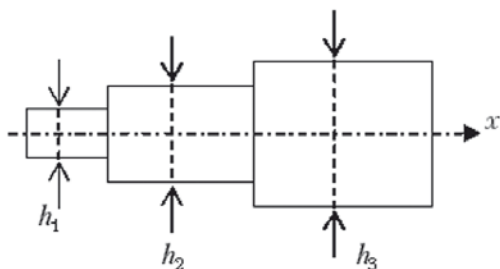


Рис. 1. Пластина ступенчато-переменной толщины

Удобно записать цилиндрическую жесткость пластины со ступенчатой толщиной в форме, аналогичной (1):

$$D(x) = D_1 + \sum_{k=1}^K (D_{k+1} - D_k) \theta(x - a_k^*), \quad (2)$$

где D_k – цилиндрические жесткости ступеней

$$D_k = \frac{Eh_k^3}{12(1-\nu^2)}.$$

Здесь E – модуль Юнга; ν – коэффициент Пуассона.

Устойчивость плоского начального состояния пластины исследуем с помощью энергетического критерия в форме Брайана при следующих допущениях:

1. До нагружения пластина идеально плоская и в докритическом состоянии равнодействующие всех внешних нагрузок и реакций опор действуют строго в срединной плоскости пластины.

2. Докритическое напряженное состояние описывается соотношениями линейной теории упругости и изменением размеров пластины до потери устойчивости пренебрегаем.

3. Все действующие на пластину нагрузки «мертвые», т. е. они не изменяются ни по величине, ни по направлению при деформациях пластины.

4. Изгиб пластины описывается с помощью обычных гипотез линейной теории изгиба жестких пластин, т. е. гипотезы о неискривляемости нормали и гипотезы о малости нормальных напряжений в плоскостях, параллельных срединной плоскости.

В начальном невозмущенном состоянии равновесия в срединной плоскости пластины действуют усилия $T_x^0(x, y)$, $T_y^0(x, y)$ и $S^0(x, y)$, которые будем считать известными.

Изменение полной потенциальной энергии при отклонениях пластины от начального невозмущенного состояния равновесия описывается выражением [1]

$$\Delta\Pi = U + V, \quad (3)$$

где

$$U = \frac{1}{2} \iint_{\Omega} D \left\{ \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)^2 + 2(1-\nu) \left[\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right)^2 - \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right] \right\} dx dy,$$

$$V = \iint_{\Omega} \left[\frac{T_x^0}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 + \frac{T_y^0}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 + S^0 \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial w}{\partial y} \right] dx dy,$$

ВЛИЯНИЕ УСИЛЕНИЯ ПЛАСТИН НА ИХ НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ

С.О. Барышников, проф., ректор СПбГУВК,
контакт. тел. (812) 251 1221

Здесь w – функция нормального прогиба. Интегрирование производится по всей поверхности пластины Ω .

Точки бифуркации начального состояния равновесия определяются из условия стационарности $\Delta\Pi$, т. е. из условия $\delta(\Delta\Pi) = 0$. Последнее условие, в котором изменение полной потенциальной энергии $\Delta\Pi$ вычисляется на основании зависимости (3), или эквивалентное ему условие $\Delta\Pi = 0$ при дополнительном требовании минимальной нагрузки называется энергетическим критерием устойчивости пластин в форме Брайана.

Условие $\delta(\Delta\Pi) = 0$ будем использовать для определения критических нагрузок пластины методом Рэлея–Ритца. В этом случае функцию поперечного прогиба зададим в виде отрезка ряда

$$w(x, y) = \sum_{i=1}^M c_i f_i(x, y), \quad (4)$$

где $f_i(x, y)$ – координатные функции, удовлетворяющие геометрическим (главным) условиям задачи.

Если все действующие на пластину нагрузки изменяются пропорционально параметру p , то, подставив (4) в (3) и выполнив интегрирование, получим

$$\Delta\Pi = \Delta\Pi(p, c_1, c_2, \dots, c_M). \quad (5)$$

Учитывая структуру выражения (3), нетрудно понять, что зависимость (5) представляет собой квадратичную форму от M переменных c_i . Поэтому условие стационарности $\Delta\Pi$ приводит к системе M линейных однородных уравнений с неизвестными c_i :

$$\frac{\partial(\Delta\Pi)}{\partial c_i} = 0, \quad i = 1, 2, \dots, M. \quad (6)$$

Равенство нулю определителя системы (6) дает уравнение, из которого можно найти M приближенных собственных значений параметра нагрузки p_i ; наименьшее из этих собственных значений приближенно равно критическому значению $p_{кр}$.

При численной реализации метода Рэлея–Ритца вместо условия $\delta(\Delta\Pi) = 0$ иногда удобно воспользоваться другой эквивалентной формулировкой энергетического критерия устойчивости, положив $\Delta\Pi = 0$ при дополнительном требовании $p = p_{мин}$. В этом случае приходим к следующему соотношению:

$$p = \frac{-\frac{1}{2} \iint_{\Omega} D \left\{ \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)^2 + 2(1-\nu) \left[\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right)^2 - \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right] \right\} dx dy}{\iint_{\Omega} \left[\frac{\bar{T}_x^0}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 + \frac{\bar{T}_y^0}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 + \bar{S}^0 \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial w}{\partial y} \right] dx dy}, \quad (7)$$

где \bar{T}_x^0 , \bar{T}_y^0 , \bar{S}^0 – распределение начальных усилий в срединной плоскости пластины при $p = 1$; минимизируя каким-нибудь численным методом выражение (7), находим $p_{мин} = p_{кр}$.

Таким образом, критическая нагрузка определяется как

$$p_{кр} = \min \left\{ \frac{-\frac{1}{2} \iint_{\Omega} D \left\{ \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)^2 + 2(1-\nu) \left[\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right)^2 - \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right] \right\} dx dy}{\iint_{\Omega} \left[\frac{\bar{T}_x^0}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 + \frac{\bar{T}_y^0}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 + \bar{S}^0 \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial w}{\partial y} \right] dx dy} \right\}$$

Докажем следующую **теорему**: критические нагрузки «гладкой» пластины не больше критических нагрузок пластины ступенчато-переменной толщины. Иными словами, если пластина не теряет устойчивости при определенных напряжениях (вплоть до предела текучести), то она не потеряет устойчивости и после подкрепления ее полосами.

Действительно, обозначим подынтегральные функции числителя и знаменателя в формуле (7) через $f(x, y)$ и $g(x, y)$:

$$f(x, y) = D \left\{ \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)^2 + 2(1-\nu) \left[\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right)^2 - \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right] \right\};$$

$$g(x, y) = \left[\frac{\bar{T}_x^0}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 + \frac{\bar{T}_y^0}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 + \bar{S}^0 \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial w}{\partial y} \right].$$

Тогда модуль критической нагрузки определится как

$$|p_{кр}| = \min \left\{ \frac{\frac{1}{2} \iint_{\Omega} f(x, y) dx dy}{\iint_{\Omega} g(x, y) dx dy} \leq \min \left\{ \frac{\frac{1}{2} \iint_{\Omega} |f(x, y)| dx dy}{\iint_{\Omega} |g(x, y)| dx dy} \right\} \right\}.$$

Имеем

$$|f(x, y)| = |D| \left\{ \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)^2 + 2(1-\nu) \left[\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right)^2 - \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right] \right\}.$$

Для «гладкой» пластины

$$|f_{за}(x, y)| = |D| \left\{ \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)^2 + 2(1-\nu) \left[\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right)^2 - \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right] \right\}$$

и, очевидно,

$$|f_{за}(x, y)| < \left| D_1 + \sum_{k=1}^K (D_{k+1} - D_k) \theta(x - a_k^*) \right| \rightarrow$$

$$\left\{ \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)^2 + 2(1-\nu) \left[\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right)^2 - \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right] \right\} = |f_{см}(x, y)|,$$

где $f_{см}(x, y)$ – соответствующая функция для пластины ступенчато-переменной толщины.

Следовательно,

$$|f_{за}(x, y)| < |f_{см}(x, y)|.$$

и, таким образом, при любых напряжениях и любых граничных условиях

$$\frac{\frac{1}{2} \iint_{\Omega} |f_{за}(x, y)| dx dy}{\iint_{\Omega} |g(x, y)| dx dy} < \frac{\frac{1}{2} \iint_{\Omega} |f_{см}(x, y)| dx dy}{\iint_{\Omega} |g(x, y)| dx dy}.$$

Тогда и критические нагрузки подчиняются аналогичному неравенству, т. е. $|p_{за}^{\min}| < |p_{см}^{\min}|$.

Проиллюстрируем применение приближенного энергетического метода исследования пластины на примере. Пусть пластина в плане имеет размеры $0 \leq x \leq a$, $0 \leq y \leq b$. Станем рассматривать задачу устойчивости пластины при сжатии контурными усилиями, действующими по двум противоположным краям $x=0$ и $x=a$ в направлении оси y . При таком нагружении прямоугольной пластины решение плоской задачи очевидно: $T_x^0 \equiv 0$, $T_y^0 = -p$, $S^0 \equiv 0$. И, следовательно,

$$U = \frac{1}{2} \iint_{\Omega} D \left\{ \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)^2 + 2(1-\nu) \left[\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right)^2 - \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right] \right\} dx dy,$$

$$V = -\frac{p}{2} \iint_{\Omega} \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 dx dy.$$

Формула (7) принимает вид

$$p = \frac{\iint_{\Omega} D \left\{ \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)^2 + 2(1-\nu) \left[\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \right)^2 - \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right] \right\} dx dy}{\iint_{\Omega} \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 dx dy}. \quad (8)$$

Пусть для определенности пластина шарнирно оперта по всему контуру. Будем искать решение задачи в виде

$$w(x, y) = \sin\left(\frac{n\pi x}{a}\right) \sin\left(\frac{m\pi y}{b}\right). \quad (9)$$

Такая форма решения удовлетворяет всем граничным условиям.

Пусть пластина имеет три ступени (рис. 2), таким образом, $K=2$. Исходные данные для расчета: $a=0,55\text{ м}$; $b=3\text{ а}$; $h=6\text{ мм}$; $h_1=2h$; $h_2=h$; $h_3=2h$; $E=2 \cdot 10^{11}\text{ Па}$; $\nu=0,3$.

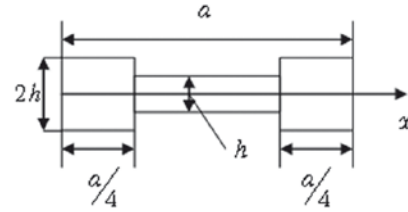
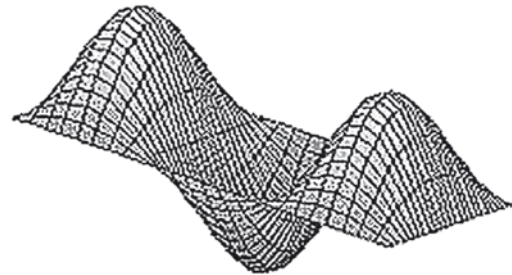


Рис. 2. Поперечное сечение пластины

Для определения критической нагрузки подставим выражение (9) в формулу (8) и выполним интегрирование. В результате получим величину p как функцию параметров m и n . Минимизируя эту функцию по m и n в системе Maple с помощью команды *Minimize* ($P, \{m \geq 1, n \geq 1\}$) из пакета Optimization, получим $p_{кр} = p_{\min} \approx 1,978\text{ МПа}$ при $m=3$ и $n=1$. Форма потери устойчивости характеризуется тремя полуволнами по координате y и одной полуволной по координате x (рис. 3).



а) деформированная поверхность



б) профиль при $x = \frac{a}{2}$



в) профиль при $y = \frac{b}{2}$

Рис. 3. Форма потери устойчивости

Такой же результат получим, используя критерий $\delta(\Delta\Pi)=0$. Представим функцию прогиба в форме

$$w(x,y) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N C_{m,n} \sin\left(\frac{n\pi x}{a}\right) \sin\left(\frac{m\pi y}{b}\right). \quad (10)$$

Подставим (10) в выражение для изменения полной потенциальной энергии $\Delta\mathcal{E}$, выполним интегрирование и получим систему уравнений вида (6). При вычислениях учтем уже полученный результат и примем $M=3$, $N=1$. Приведем выражение определителя системы типа (6), полученное в Maple:

$$\Delta = 3,512685005 \cdot 10^{20} - 4,250137897 \cdot 10^{14} p + 1,647066949 \cdot 10^8 p^2 - 20,02894157 p^3$$

Его корнями будут $1,981 \cdot 10^6$; $2,179 \cdot 10^6$; $4,062 \cdot 10^6$. Видим, что $p_{кр} = p_{мин} \approx 1,981 \text{ МПа}$, т. е. практически тот же результат.

Для сравнения приведем расчет критической нагрузки гладкой пластины, толщина которой $h=6 \text{ мм}$. Воспользуемся, например, критерием (8). Примем прогиб в форме (9). После выполнения интегрирования получим

$$p = \frac{D\pi^2(n^2b^2 + m^2a^2)^2}{a^4b^2m^2}.$$

Минимизируя эту функцию по m и n в системе Maple с помощью команды *Minimize* ($P, \{m \geq 1, n \geq 1\}$) из пакета Optimization, получаем $p_{кр} = p_{мин} \approx 0,51629 \text{ МПа}$ при $m=3$ и $n=1$, т. е. добавление накладок приводит к существенно увеличению критической нагрузки.

Пример. Пусть пластина имеет три ступени (рис. 4), таким образом, $K=2$. Исходные данные для расчета: $a=0,55 \text{ м}$; $b=3a$; $h=6 \text{ мм}$; $h_1=h$; $h_2=2h$; $h_3=h$; $E=2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$; $\nu=0,3$.

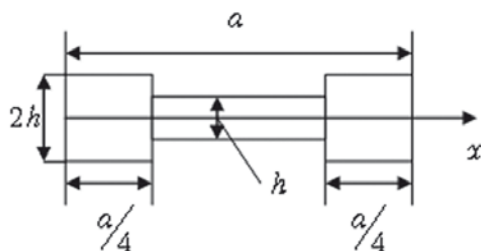
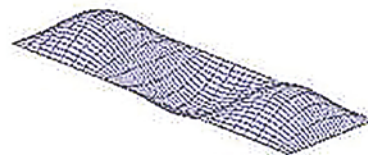


Рис. 4. Поперечное сечение пластины.

Для определения критической нагрузки подставим выражение (9) в формулу (8) и выполним интегрирование. В результате получим величину p как функцию параметров m и n . Минимизируя эту функцию по m и n в системе Maple с помощью команды *Minimize* ($P, \{m \geq 1, n \geq 1\}$) из пакета Optimization, получим $p_{кр} = p_{мин} \approx 2,668 \text{ МПа}$ при $m=3$ и $n=1$. Форма потери устойчивости характеризуется тремя полуволнами по координате y и одной полуволной по координате x (рис. 5).

Такой же результат получим, используя критерий $\delta(\Delta\Pi)=0$. Представим функцию прогиба в форме



а) деформированная поверхность



б) профиль при $x = \frac{a}{2}$



в) профиль при $y = \frac{b}{2}$

Рис. 5. Форма потери устойчивости.

$$w(x,y) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N C_{m,n} \sin\left(\frac{n\pi x}{a}\right) \sin\left(\frac{m\pi y}{b}\right). \quad (10)$$

Подставим (10) в выражение для изменения полной потенциальной энергии $\Delta\mathcal{E}$, выполним интегрирование и получим систему уравнений вида (6). При вычислениях учтем уже полученный результат и примем $M=3$, $N=2$. Приведем выражение определителя системы типа (6), полученное в Maple

$$\Delta = 401,159 p^6 - 5,75541 \cdot 10^{10} p^5 + 2,36773 \cdot 10^{18} p^4 - 3,98369 p^3 + 2,97188 p^2 - 9,35878 p + 1,02571 \cdot 10^{45} = 0.$$

Его корнями будут

$$2,676 \cdot 10^6; 3,262 \cdot 10^6; 8,852 \cdot 10^6; 1,449 \cdot 10^7; 2,587 \cdot 10^7; 8,830 \cdot 10^7$$

Видим, что $p_{кр} = p_{мин} \approx 2,676 \text{ МПа}$, т. е. практически тот же результат.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алфутов Н.А. Основы расчета на устойчивость упругих систем. – М.: Машиностроение, 1978. – 312 с.
2. Голоскоков Д.П. Расчет прямоугольной пластины ступенчато-переменной толщины в Maple // Exponenta Pro. Математика в приложениях: Научно-практ. журнал. – 2004. – № 2(6). – С.58 – 64.
3. Барышников С.О., Голоскоков Д.П. Устойчивость прямоугольной пластины ступенчато-переменной толщины // Речной транспорт. – 2010. – №1. – С. 62–64. ■

Для того, чтобы уменьшить материалоемкость и стоимость работ, опоры передаточного плавучего дока (ППД) проектируют на нагрузки составляющие порядка 20–25% от подъемной силы ППД. Поэтому накат судов осуществляют, параллельно откачивая балласт из понтона ППД, чтобы не перегрузить его опоры.

На практике накат судна выполняют по длине шагом, равным группе балластных отсеков (ГБО) «из-под колес» судовозного поезда. При этом судно устанавливает на доке над каждой ГБО до откачки из них основного балласта.

При таком шаговом накате судна и пошаговой откачке балласта время наката, равное времени последовательной откачки балласта из ГБО, составляет несколько часов. Так, для отечественных ППД оперативное время шагового наката судов спусковой массы от 2000 до 25000 т при суммарной производительности насосной балластной системы от 150 до 450 м³/мин составляет для ППД от 1,5 до 10 часов. Интенсивность наката находится в пределах от 25 до 45 т/мин.

При продолжительном накате более вероятны ухудшение метеорологических условий, повышение психофизических нагрузок на персонал, осуществляющий спуск судов, в связи с чем повышается риск возникновения аварийной ситуации.

Цель расчета ускоренного наката состоит в выборе плана откачки основного балласта, замещаемого спусковой массой судна и массой опорнотранспортного устройства (ОТУ). План должен обеспечивать минимальную из всех возможных продолжительность наката судна на док при заданной скорости судовозного поезда, известной производительности балластных насосов и ограничениях, наложенных на величину реакций опор дока и прогибов корпуса дока и судна.

Поиск оптимального плана ускоренного наката судна на док и откачки основного балласта можно вести, последовательно применяя различные тактики наката судна и откачки балласта.

Минимальная продолжительность наката судна на док t_{\min} достигается при

РАСЧЕТ УСКОРЕННОГО НАКАТА СУДНА НА ПЕРЕДАТОЧНЫЙ ПЛАВУЧИЙ ДОК

В.Ю. Лейзерман, д-р техн. наук, проф. СПбГМТУ,
контакт. тел. (812) 450 5204

максимально возможной скорости U_{\max} перемещения судовозного поезда. При этом скорости судовозных поездов обеспечивают скорости от 2,0 до 4,0 м/мин с интервалами, равными 0,5 м/мин. Сначала нужно проверить, нельзя ли осуществить полностью накат с максимальной скоростью при параллельной откачке основного балласта из всех ГБО, т.е. при всех одновременно работающих насосах. Назовем эту тактику откачки балласта всеотсечной.

За время t_{\min} , отсчитываемое с момента пересечения первым транспортно-опорным модулем (ТОМ) береговой опоры аппарели или торцевой поперечной переборки понтона дока, судно проходит путь $L_{\text{ид}}$ (рис.1). Тогда

$$t_{\min} = L_{\text{ид}} / U_{\max}$$

За это время количество откачанного балласта

$$\sum_{j=1}^m \Delta Q_j = t_{\min} m q,$$

где m – количество групп балластных отсеков по длине дока в которых размещается основной балласт; q – производительность балластных насосов, откачивающих балласт из каждой ГБО.

Из каждой ГБО за время t_{\min} откачивается

$$\Delta Q_j = \frac{\sum_{j=1}^m Q_j}{m}.$$

Это количество не должно быть меньше

$$\min \sum_{j=1}^m \Delta Q_j = (D_c + P_{\text{оту}}) - (R_{1\max} + R_{2\max}),$$

так как иначе опоры дока в конечном положении судна будут перегружены.

Здесь D_c – вес судна, $P_{\text{оту}}$ – вес ОТУ, $R_{1\max}$ – максимально-допустимая нагрузка на первую опору дока; $R_{2\max}$ – максимально-допустимая нагрузка на вторую опору дока.

Если количество откачиваемого за время t_{\min} балласта, равное $\sum_{j=1}^m \Delta Q_j$, больше всего основного балласта $\sum_{j=1}^m Q_j$, то откачке подлежит количество балласта, равное $\sum_{j=1}^m Q_j$. Время одновременной откачки основного балласта из всех ГБО

$$t_0 = \frac{\sum_{j=1}^m Q_j}{m q} < t_{\min}.$$

Следовательно, в этом случае откачку балласта можно начать через интервал времени $\Delta t = t_{\min} - t_0$, либо одновременно с пересечением дока первым ТОМ и закончить ее еще до остановки судна в конечном положении.

Наконец, возможны промежуточные варианты моментов начала и окончания откачки балласта. За время Δt длина, пройденная судном по доку при бездействующих насосах, $\Delta L_{\text{н}} = \Delta t \cdot U_{\max}$.

При такой тактике может обнаружиться необходимость в частых коротких остановках судна для предотвращения перегрузки береговой опоры при непрерывно продолжающейся откачке балласта. Такой режим наката практически неосуществим, так как время разгона и торможения судовозного поезда может оказаться больше продолжительности указанных остановок. В этом случае следует попытаться сократить количество остановок и увеличить их продолжительность, снизив скорость судовозного поезда. Для этого нужно выполнить несколько расчетов наката судна, варьируя скорость судовозного поезда, а также моменты начала и окончания откачки балласта. Если при этом не удастся сократить количество остановок судна до двух-трех продолжительностью каждой не менее

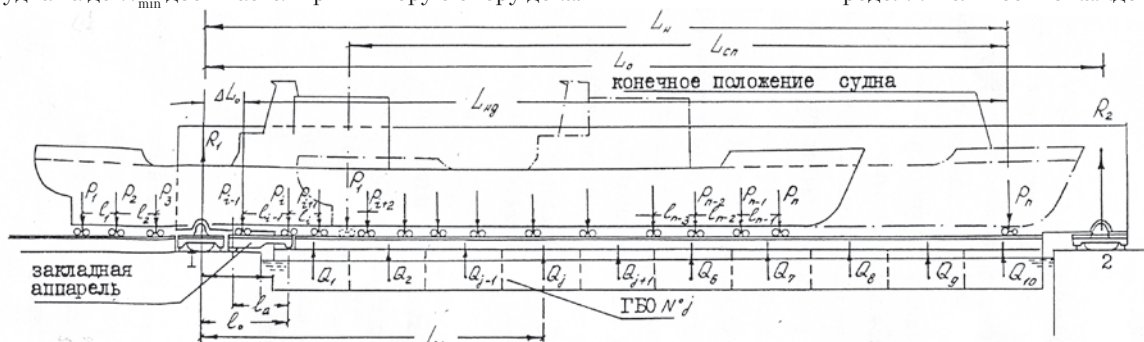


Рис. 1. Промежуточное положение судна при накате на двухопорный передаточный плавучий док

8–10 минут, то нужно перейти к иной тактике поиска плана откочки балласта. Для этого следует исследовать планы одновременной откочки балласта первоначально из последовательно расположенных по длине дока ГБО и затем из оставшихся неоткаченными ГБО при варьируемой скорости судовозного поезда.

При первом плане откочки $n = 0$, то есть балласт откачивается одновременно из всех ГБО, при втором плане $n = 1$, т.е. балласт откачивается одновременно из $(m - 1)$ ГБО, а затем и из крайней мористой ГБО, при третьем плане $n = 2$, т.е. балласт откачивается первоначально из $(m - 2)$ ГБО и затем из обоих мористых ГБО и т.д. Назовем эту тактику откочки балласта по-районной.

Максимальное количество вариантов в этой тактике поиска плана откочки равно $m \cdot k$, где k – количество значений варьируемой скорости наката.

Наконец, если эта тактика также не даст удовлетворительного результата, то может быть испробована откочка основного балласта путем поочередного включения в работу насосов ГБО через интервалы времени $\Delta t_j = L_{ГБО} / U$, где $L_{ГБО}$ – длина группы балластных отсеков понтона дока.

Назовем эту тактику откочки балласта по-отсечной, памятуя, однако, что она принципиально отличается от по-отсечной откочки при шаговом накате, при котором судно простаивает на доке над каждой ГБО до полной откочки из нее всего балласта.

В большинстве расчетных вариантах любых тактик реакция мористой опоры

дока в процессе наката судна и откочки балласта принимает отрицательные значения или становится меньше R_{\min} , что свидетельствует о преждевременном отрыве дока от опоры или его ненадежном прижатии к ней.

Чтобы этого не допустить, перед накатом судна в док должен приниматься технологический балласт, количество и расположение которого определяют из расчета наката судна на док.

В каждом расчетном варианте вычисляют и строят графические зависимости реакций опор от времени. Из этих зависимостей, названных нами в совокупности диаграммами наката судна на док, видно, как удовлетворяются ограничения, наложенные на величину реакций опор дока, в какие моменты времени судно должно останавливаться,

чему равна общая продолжительность наката, включая время стоянок судна.

Кроме того, в каждом расчетном варианте должны вычисляться стрелки прогиба корпусов дока и судна и вылеты плунжеров гидродомкратов судовозных тележек. Полученные значения должны сопоставляться с допускаемыми величинами.

Оптимальный план откочки основного балласта выбирают путем расчета по изложенным тактикам всех вариантов и отбора из них варианта, обеспечивающего минимальную из всех рассчитанных продолжительность наката судна на док. Для этого используют разработанную в работе программу расчета реакций опор дока «Накат судна на ППД», вычерчивающая диаграммы наката графопостроителем.

На рис. 2 показана диаграмма наката судна ро-ро массой 198600 кН, включая

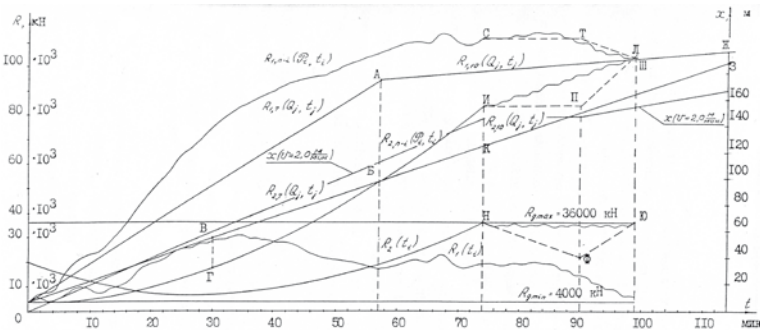


Рис. 1. Диаграмма наката судна на двухопорный передаточный плавучий док

какова продолжительность этих стоянок, следует ли принимать технологический балласт, в каком количестве, и

вес ОТУ, на ППД длиной 175 м, рассчитанная для одного из планов по-районной откочки основного балласта. ■

Чаще всего судно в доке имеет дифферент на корму. Если глубина воды ограничена определенной предельной высотой $H_{ПВ}$, то при $T_k + h_{oy} > H_{ПВ}$, судно не сможет всплыть, где T_k – осадка судна кормой, h_{oy} – высота опорного устройства (рис. 1). В этом случае возникает необходимость в удифферентовке судна приемом балласта P_6 в его носовую оконечность, чтобы обеспечить $T_n < (H_{...} - h_{...})$.

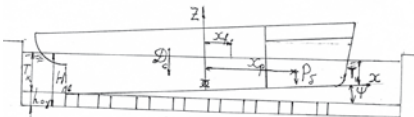


Рис. 1

По мере повышения уровня воды в доке судно обычно садится пяткой ахтерштевня на кормовой кильблоку. С момента касания кормового кильблока начинают изменяться посадка и остойчивость судна. Причиной тому является реакция кормового кильблока R . Эта реакция постепенно возрастает до тех пор, пока судно не ляжет на кильблоки всем килем. Поэтому максимальной величины реакции кормового кильблока достигнет в последний момент, т.е. перед тем, как судно коснется килем всех

кильблоков. После этого реакция $R = 0$.

Предположим, что судно при предельной глубине воды в доке имеет по маркам углубления осадку носом T_n и кормой T_k и, следовательно, угол дифферента перед приемом балласта в носовую оконечность для его удифферентовки

$$\psi_0 = \frac{T_n - T_k}{L} \quad (1)$$

Будем рассматривать балласт как груз P_6 с координатой $x_6 = x_p - x_r$ принятый для того, чтобы судно легло на кильблоки всем килем. Тогда по метacentрической формуле остойчивости, приравнявая дифференцирующий и восстанавливающий моменты, имеем

$$P_6 l_x = D_c H_0 \psi \quad (2)$$

где D_c – спусковая масса судна, H_0 – продольная метacentрическая высота, $l_x = x_p -$

$-x_f$ – расстояние от центра тяжести балласта до центра тяжести ватерлинии, x_f – абсцисса центра тяжести ватерлинии, x_p – абсцисса центра тяжести балласта.

Подставляя в формулу (2) выражение для угла дифферента (1) получаем

$$P_6 (x_p - x_f) = D_c H_0 \frac{T_n - T_k}{L},$$

откуда для балласта

$$P_6 = \frac{D_c H_0 (T_n - T_k) / L}{(x_p - x_f) E}.$$

Задачу следует решать методом последовательных приближений, задаваясь несколькими значениями массы балласта P_6 и его абсциссой x_6 , пока не будут удовлетворены условия $T_{к1} = T_{н1}$ и $\psi = 0$. При этом $T = P_6 / S$ и $T + T = T_{н1} = T_{к1}$. Здесь S – площадь ватерлинии; $-$ удельный вес воды; T – осадка на миделе. ■

РАСЧЕТ СПУСКА СУДНА В СУХОМ СТРОИТЕЛЬНОМ ДОКЕ, НАЛИВНОМ ДОКЕ И НАЛИВНОЙ ДОК-КАМЕРЕ ПРИ ОГРАНИЧЕННОЙ ГЛУБИНЕ ВОДЫ

В.Ю. Лейзерман, д-р техн. наук, проф. СПбГМТУ, контакт. тел. (812) 450 5204

Церемония подписания соглашения о создании совместного предприятия прошла в рамках Международного военно-морского салона–2011 30 июня.

Со стороны ОАО «ОСК» документ был подписан президентом компании Романом Троценко, со стороны группы компаний «Транзас» – президентом ГК Николаем Лебедевым.

Предметом сотрудничества в рамках соглашения станет внедрение новых технологий и оснащение судов, кораблей и морских объектов, строящихся на верфях ОАО «ОСК», интегрированными системами навигации, автоматизации, управления движением, обмена информации с участии-

ОАО «ОБЪЕДИНЕННАЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНАЯ КОРПОРАЦИЯ» И ГРУППА КОМПАНИЙ «ТРАНЗАС» СОЗДАЮТ СОВМЕСТНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

ЗАО «Транзас»,
контакт. тел. (812) 325 3131



ем как в российских, так и в международных проектах.

Предваряя мероприятие, Роман Троценко прокомментировал подписание: «Транзас – один из лучших холдингов в мире в своей области. Начав с производства морских электронных карт, сегодня компания расширила свое присутствие в разных технологических отраслях, включив в линейку продукции морские и авиационные тренажеры, высокотехнологичные системы безопасности и т.п. Мы достаточно давно выступаем в качестве партнеров в различных проектах. Ранее между нашими компаниями уже было подписано соглашение о сотрудничестве. Создание совместного предприятия мы решили сосредоточить общие компетенции».



Николай Лебедев со своей стороны отметил, что «создание совместного предприятия – логичное продолжение нашего сотрудничества. Мы нашли общий язык с «ОСК». Располагая огромным российским и международным опытом работы, сегодня мы добавляем еще одну стратегиче-

скую компоненту – сотрудничество с таким гигантом, как «Объединенная судостроительная корпорация». Уверен, что подписанное нами соглашение позволит в будущем комментировать участие во многих проектах «ОСК», как в российских, так и в зарубежных». ■

17 июня в Санкт-Петербурге состоялась торжественная церемония подписания соглашения о вхождении группы «Промышленные инвесторы» в капитал группы компаний «Транзас». В соответствии с документом группа «Промышленные инвесторы» приобретет 25%+1 в уставном капитале группы компаний «Транзас». Сумма контракта составляет около 50 млн долл. США. Закрытие сделки ожидается в течение июля 2011 г.

По словам президента группы «Промышленные инвесторы» Сергея Генералова, «группа компаний «Транзас» – прекрасный пример способности российского бизнеса добиваться впечатляющих успехов в столь непростой и высококонкурентной сфере, как высокотехнологичные комплексные продукты и решения для наукоемких отраслей, таких, как авиация, морской транспорт, безопасность. Уверен, что объединение наших усилий позволит нам вместе с командой «Транзас» создать национального лидера нового масштаба в этой области, обладающего к тому же значительно большим потенциалом экспорта интеллектуальных и высокотехнологичных продуктов и услуг».

Комментируя участие в альянсе группы компаний «Транзас», президент группы Николай Лебедев отметил: «Для нас объединение усилий с группой «Промышленные инвесторы», использование международного опыта и финансовых возможностей новых партнеров означает качественный прорыв в достижении позиций мирового лидера в областях, сегодня достаточно развитых только на российском рынке. Я говорю об огромном технологическом заделе, существующем в разработке и производстве авиационного бортового оборудования «Транзас», авиационных тренажеров (тренажеров вертолетов и самолетов), беспилотных летательных аппаратов, образовательной-досуговой технологий. Не стоит забывать и о морских навигационных комплексных интегрированных системах – основе международной репутации «Транзас». Для их дальнейшего развития есть много возможностей как внутри страны (много надежд связано с Арктическим регионом, освоением его энергетических ресурсов), так и ее пределами».

Завершением официальной части стала экскурсия, в ходе которой были представлены собравшимся последние разработки «Транзас» в области высокотехнологичных комплексных систем обучения и безопасности. В частности, гостям была показана работа авиационного тренажера класса D вертолета «Mi-17V-5», бортовые навигационные системы для морского и речного флота, тренажеры для транспортной и нефтегазовой отраслей, компоненты образовательного-досуговой технологий.

СОЗДАНИЕ СТРАТЕГИЧЕСКОГО АЛЬЯНСА ГРУППА КОМПАНИЙ «ТРАНЗАС» И ГРУППА «ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИНВЕСТОРЫ» ОБЪЯВИЛИ О СОЗДАНИИ СТРАТЕГИЧЕСКОГО АЛЬЯНСА

ЗАО «Транзас»,
контакт. тел. (812) 325 3131



Группа компаний «Транзас» – известный российский разработчик, производитель и поставщик широкого спектра бортовой электроники, морских и авиационных тренажеров и иной инновационной, наукоемкой продукции гражданского, двойного и военного назначения.

Предприятие было основано в 1990 г. в Санкт-Петербурге. Общий штат сотрудников предприятий, входящих в ГК «Транзас» сегодня, превышает 1800 человек. Дистрибуторская сеть компании развернута в 130 странах мира. Центром разработки технологий и принятия стратегических решений является Санкт-Петербург. Оборот группы компаний «Транзас» составляет 300 млн. долл. США. Производство сертифицировано на соответствие международному стандарту качества ISO 9001.

Группа «Промышленные инвесторы» – российская финансово-промышленная группа, объединяющая фонд прямых инвестиций, компании, управляющие активами фонда и предприятия, находящиеся под контролем Группы. Цель «Промышленных инвесторов» – развитие и повышение эффективности предприятий, находящихся в управлении, увеличение доходности и рентабельности этих предприятий, рост их капитализации.

В настоящее время группа «Промышленные инвесторы» реализует следующие основные проекты:

– **Транспортная группа FESCO** – ведущая российская интегрированная транспортно-логистическая компания – оказывает клиентам полный спектр услуг по доставке грузов «от двери до двери» с использованием собственных транспортных мощностей для обеспечения гарантированного качества и надежности услуг.

Группа владеет собственным флотом дедеитом более 800 тыс. т, при этом контейнерная вместимость составляет 17 000 TEU, и управляет диверсифицированным парком собственного железнодорожного подвижного состава численностью свыше 18 000 единиц. Собственный контейнерный парк составляет около 50 000 TEU. Суммарная пропускная способность портовых перевалочных мощностей – 290 000 TEU и 6 млн. т генеральных грузов.

– **Авиа-такси «Dexter»** – первое российское воздушное такси – выполняет экспресс перелеты на расстояние до 2000 км между любыми городами России, где есть действующие аэропорты. «Dexter» управляет собственным парком новых швейцарских турбовинтовых самолетов «Pilatus PC-12», что позволяет обеспечивать максимальную оперативность, комфорт, безопасность и конфиденциальность полетов. «Dexter» – единственный авиа перевозчик в России со 100%-ным новым парком самолетов. ■

В Санкт-Петербурге с 29 июня по 3 июля был проведен пятый Международный военно-морской салон – 2011. Очевидно, что итоги его еще будут обсуждаться в прессе, но сегодня уже можно дать некоторые первые комментарии.

Общее внимание привлекал стенд ОАО «Судостроительный завод «Северная верфь», который располагался у центрального входа и являлся как бы визитной карточкой Салона.

Верфь продемонстрировала свое продвижение от головных к серийным проектам. Украшением экспозиции стал стоявший у причалов Морского вокзала первый серийный корвет пр. 20380 «Сообразительный», проходящий в настоящий момент



государственные испытания. Его старший брат – головной корвет «Стерегущий», несущий с 2007 г. службу на Балтийском флоте, стоял на Неве, в районе Благовещенского моста.

Еще в 2009 г. посетивший «Стерегущий» на МВМС–2009 вице-премьер С.Б. Иванов сказал: «Я рассчитываю, что к 2011 г. мы перейдем на серийное производство надводных кораблей и... через два года продемонстрируем корабли, которые находятся сейчас на стапелях «Северной верфи». Верфь с задачей справилась: вслед за корветом «Сообразительный» за ним по пятам «следуют» корветы «Бойкий», «Стойкий» этого же проекта, а также заложенный недавно модернизированный корвет пр. 20385. После подлежащего сдаче в 2012 г. головного фрегата пр. 22350

«Адмирал Флота Советского Союза Горшков» в работе будет первый серийный фрегат «Адмирал Касатонов». Крупномасштабная модель экспортного аналога фрегата пр. 22356 была представлена на стенде верфи Секре-



тарю Совета безопасности Н.П. Патрушеву, министру промышленности и торговли В.Б. Христенко, главному ВМФ В.С. Высоцкому, губернатору Санкт-Петербурга В.И. Матвиенко, а также сопровождавшим их официальным лицам во время обхода выставочной экспозиции салона. Кроме официальной VIP-делегации, стенд «Северной верфи» и корвет «Сообразительный» посетили главнокомандующий ВМС Нидерландов, зам. главнокомандующего ВМС Алжира, военно-морские атташе ряда стран и все официальные делегации. Такое внимание особенно важно в свете сообщения о завершении технической части переговоров с Алжиром о строительстве двух корветов пр. 20382 «Тигр», являющегося экспортной модификацией пр. 20380. Проведению таких переговоров способствовало, в частно-



ОАО «СЗ «СЕВЕРНАЯ ВЕРФЬ»: ПЯТЫЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВОЕННО-МОРСКОЙ САЛОН – НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ

ОАО «Судостроительный завод «Северная верфь»,
контакт. тел. (812) 324 2914

сти, и то, что на «Северной верфи» завершен ремонт первых двух кораблей пр. 1159Е и 1223Э, идет ремонт следующих и ведутся подготовительные работы к приему третьей пары. В ремонтных работах принимают участие алжирские специалисты, которые, несомненно, докладывают своему руководству о положении дел и технологиях применяемых на верфи. Следует отметить, что «Северная верфь» занимает лидирующее положение в отрасли по применению информационных технологий и была во время Салона одним из организаторов XII международной конференции МОРИНТЕХ – ПРАКТИК «Информационные технологии в судостроении–2011». Безусловно, строительство «Тигров» должно вестись там, где имеются отлаженные технологические процессы, оснастка и установившиеся кооперационные связи. Таким образом, «Северная верфь» имеет все основания претендовать на получение этого престижного заказа.

В последнее время в свете объективных экономических процессов вокруг «Северной верфи», «Балтийского завода» и ЦКБ «Айсберг», акции которых находятся в залоге у ЦБ РФ, после банкротства Межпромбанка должны обрести нового владельца, вертится много противоречивых слухов. Большой общественный резонанс имеют также административные меры, принятые по указанию Президента, из-за задержек сроков поставки образцов военной техники. Вообще освещение этих проблем в газетах и журналах создает отрицательный имидж и Салона, и его участников. Да и политическая составляющая преувеличивает над технической целесообразностью и здравым смыслом.

Салон продемонстрировал 10 образцов отечественных кораблей и катеров ВМФ, ФСБ и МЧС РФ, отвечающих самым взыскательным требованиям как наших, так и зарубежных специалистов, освещался 495 журналистами из 139 СМИ. В Салоне участвовали 409 предприятий из 30 стран мира. Это лишний раз доказывает эффективность и востребованность Салона, а учитывая связь большого количества жителей города с морской отраслью, позволяет им ощутить свою причастность к созданию Российского флота. ■

С 29 июня по 3 июля 2011 г. в Санкт-Петербурге прошел V Международный военно-морской салон (МВМС-2011), в котором ОАО «Судостроительная фирма «Алмаз» приняла участие совместно с ОАО «Морским заводом «Алмаз».

Салон проводился при участии Министерства промышленности и торговли, Министерства обороны, Министерства иностранных дел РФ, Федеральной службы по военно-техническому сотрудничеству (ФСВТС России), правительства Санкт-Петербурга и ФГУП «Рособоронэкспорт».

На стенде предприятия были представлены последние разработки «Судостроительной фирмы «Алмаз», в том числе модель нового многофункционального пограничного корабля территориального моря пр. 22460.

ОАО «СУДОСТРОИТЕЛЬНАЯ ФИРМА «АЛМАЗ» НА ВЫСТАВКЕ IMDS-2011

ОАО «Судостроительная фирма «Алмаз»,
контакт. тел. (812) 235 4820



Стенд посетили делегации из Турции, Республики Нигерия, Республики Конго, Социалистической Республики Вьетнам.

В Салоне приняли участие десантный корабль на воздушной подушке пр. 12322 «Зубр» из состава ВМФ РФ, патрульный катер пр. 1200 «Соболь» из состава ПС ФСБ РФ, катер специального назначения пр. Р-2030, буксир ледового класса «Невская застава», малый артиллерийский корабль пр. 21632 «Торнадо». Все эти корабли построены на «Судостроительной фирме «Алмаз» и имеют отличные отзывы специалистов. ■



ВЫСТАВКИ И КОНФЕРЕНЦИИ

Успешно завершил работу V Международный военно-морской салон (МВМС-2011), один из ведущих мировых выставок в области кораблестроения, морских вооружений и судостроения.

Результаты проведения Салона свидетельствуют о его высокой востребованности со стороны предприятий морской отрасли. Вновь подтверждены высокий статус события и его место в мировой системе выставок вооружения и техники.

Участниками экспозиции МВМС-2011 стали 409 предприятий из 30 стран, из них 71 – иностранные компании. Экспозиция МВМС-2011 разместилась на 15 000 м² выставочной площади в павильонах, на открытых выставочных площадках, у причалов Морского вокзала и на акватории, прилегающей к выставочному комплексу. В числе участников – все ведущие предприятия морской отрасли России. Значительные площади экспозиции заняли производители комплектующего оборудования, приборов, электронных компонентов, информационных технологий и продуктов двойного назначения.

Широкий формат МВМС-2011 не только позволил представить продукцию предприятий на стендах и в виде натуральных образцов у причалов и на открытых площадях в демонстрационном разделе, но и показать в действии морское артиллерийское вооружение на полигоне, обсудить теоретические и организационные проблемы в ходе большого количества мероприятий конгрессно-делового раздела. В рамках Салона проведены четыре научно-практические конференции и 21 конгрессно-деловое и протокольное мероприятие («круглые столы», семинары, презентации продукции и предприятий, пресс-конференции, другие события), а также выездное заседание Главной группы НАТО по вооружениям.

В демонстрационном разделе у причалов Морского вокзала и на акватории Невы были представлены корабли и катера из состава МО РФ, ФСБ РФ и приглашенные корабли иностранных ВМС:

корвет пр. 20380 «Стерегущий»;
корвет пр. 20380 «Сообразительный»;
фрегат пр. 11540 «Ярослав Мудрый»;
подводная лодка пр. 677 «Санкт-Петербург»;
десантный корабль на воздушной подушке пр. 12322 «Мордовия»;
малый артиллерийский корабль пр. 21630 «Волгодонск»;
десантный катер на воздушной каверне пр. 11770 «Серна» Д-56;
противодиверсионный катер пр. 21980 «Грачонок»;
патрульный катер пр. 12200 «Соболь»;
патрульный катер пр. 12150 «Мангуст»;
фрегат ВМС Германии «Гамбург»;
фрегат королевских ВМС Нидерландов «Ван Амстел»;
фрегат ВМС США «Кэпп».

У причалов выставочного комплекса демонстрировалось 29 катеров предприятий-участников экспозиции.

На полигоне МО РФ «Ржевка» для официальных иностранных делегаций и представителей СМИ были продемонстрированы в действии морские артиллерийские стрелковые системы:

130-мм корабельная артиллерийская установка АК-130;
100-мм артиллерийская установка АК-100;
76-мм артиллерийская установка АК-176М;
30-мм артиллерийская установка АК-230М;
30-мм облегченная артиллерийская установка АК-306;
30-мм автоматическая артиллерийская установка АК-630М;
25-мм артиллерийская установка 2М-3;
артиллерийская установка А-190;
МРГ-1.

V МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВОЕННО-МОРСКОЙ САЛОН (МВМС-2011)

29 ИЮНЯ - 3 ИЮЛЯ 2011 Г.

ЗАО «Морской Салон»,
контакт. тел. (812) 764 6633

Press-release.

The Fifth International Maritime Defence Show IMDS-2011 June 29 – July 3, 2011

The Fifth International Maritime Defence Show (IMDS-2011) finished its work successfully. The Show is one of the world-leading exhibitions in the field of shipbuilding and naval armament.

The results of exhibition show its high demand among the marine industry enterprises. The high status of the show and its place in the global system of defense exhibitions was confirmed again.

409 enterprises from 30 countries took part in the exposition; among them are 71 enterprises from foreign countries. **The exposition** occupied 15 000 sq.m. of exhibition space in the halls, on outdoor exposition areas, near the quays of Sea Terminal and water area near the exhibition complex. All leading enterprises engaged in Russian marine industry were presented among the participants. The great part of exposition was occupied by manufacturers of component equipment, appliances, electronic elements, information technologies and products of double purpose.

The wide format of IMDS-2011 allowed presenting the products and full-scale samples not only at stands and demonstration areas near the quays but also to show in action maritime artillery on the firing range, to discuss theoretical and organizational questions during numerous business meetings and congresses. 4 scientific and practical conferences and 21 congress and business protocol events (round table discussions, seminars, presentations of products and enterprises, press-conferences etc.) were held within IMDS-2011, as well as visiting session of NATO Naval Armaments Group.

Ships and boats of the Russian Navy, Border Guard FSB as well as foreign ships were presented in the demonstrational part near the quays of Sea Terminal and water area of Neva River:

Steregushchy class corvette, project 20380;
Corvette «Soobrazitelny», project 20380;
Frigate «Yaroslav Mudry», project 11540;
Submarine «St. Petersburg», project 677;
Air-cushioned landing craft «Mordovia», project 12322;
Small-size gunnery ship «Volgodonsk», project 21630;
Landing boat «Serna», D-56, project 11770;
Anti-sabotage boat «Grachonok», project 21980;
Patrol boat «Sobol», project 12200;
Border Guard Ship «Mangust», project 12150;
Frigate FGS «Hamburg»;
Frigate «Van Amstel» (ship of the Karel Doorman class, the Netherlands);

Frigate «Kapp» (USA)

29 boats were presented by the participating companies near the quays of the exhibition complex.

The artillery firing and small-arms systems demonstrations for foreign official delegations and mass media were held successfully at the range Rzhevka:

130mm ship gun mount AK-130;
100 mm artillery mount AK- 100;
76 mm artillery mount AK-176M;
30mm artillery mount AK-230M;
30 mm lightweight gun mount AK-306;
30 mm automatic artillery mount AK-630M;

В МВМС–2011 приняли участие 91 официальная делегация из 68 стран, были представлены практически все страны, занимающиеся производством и эксплуатацией морской техники. В составе делегаций прибыли два главнокомандующих военно-морскими силами зарубежных стран и другие высокопоставленные официальные лица. Обширная программа работы делегаций выполнена полностью, её формат и объем превысил аналогичные показатели предыдущих Салонов.

Официальные иностранные делегации посетили ОАО «ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова», ОАО «Северное ПКБ», ОАО «ЦКБ МТ «Рубин»; ОАО «Адмиралтейские верфи», ОАО «Концерн «ЦНИИ Электроприбор», ОАО «Концерн «Гранит-Электрон», ОАО «Концерн «НПО «Аврора», ЗАО «Транзас» и другие предприятия «ОПК».

Традиционно на МВМС–2011 работала Ассоциация военно-морских атташе, аккредитованных в России – группа, сформированная из военно-морских атташе разных стран, принимавшая активное участие в мероприятиях Салона.

В работе МВМС–2011 приняли участие представители РФ, в том числе: министр промышленности и торговли РФ Виктор Христенко, секретарь Совета Безопасности РФ Николай Патрушев, главнокомандующий ВМФ РФ Владимир Высоцкий, губернатор Санкт-Петербурга Валентина Матвиенко.

Проведено большое количество официальных переговоров, в том числе с участием Главнокомандующего ВМФ РФ – 12, с участием представителей Федеральной службы по военно-техническому сотрудничеству РФ – 8, с участием представителей ФГУП «Рособоронэкспорт» – более 30.

Результаты Салона свидетельствуют о том, что российские и зарубежные предприятия ведут активную маркетинговую политику, направленную на расширение своего участия в международной кооперации, связанной с разработкой и производством таких сложных технических систем, как корабли.

В рамках Салона проедены две парусные регаты на приз МВМС: большая регата крейсерских яхт и детская регата.

В работе МВМС–2011 приняли участие свыше 42 тыс. специалистов. В выходные дни Салон посетили около 40 тыс. горожан и гостей Санкт-Петербурга, которые смогли не только увидеть боевые корабли, но и полёты пилотажной группы «Русь».

В рамках МВМС–2011 ОАО «ОСК» и российская Группа компаний «Транзас» заключили соглашение о создании СП, которое займется оснащением российских кораблей и судов высокотехнологичными системами навигации и автоматизации. Подписано соглашение о создании консорциума между АО «Концерн «Гранит-Электрон», ОАО «Концерн «НПО «Аврора» и ОАО «Концерн «Океанприбор» о разработке перспективных систем для нового поколения подводных лодок.

ФНПЦ ОАО «НПО «Марс» совместно с другими предприятиями ОАО «Концерн «Моринформсистема-Агат» впервые продемонстрировали основные элементы комплексной системы охраны и обороны морского побережья в натурном виде. Комплексной системой изделий охраны и обороны побережья заинтересовались представители ряда иностранных государств Азии и Африки. В настоящее время ведутся предконтрактные работы.

ОАО «Концерн «ЦНИИ Электроприбор» продолжило переговоры с французскими компаниями «Sagem» (поставки оборудования) и «Tronics» (совместная разработка и производство микромеханических гироскопов).

ЗАО «Аквамарин» и ОАО «Научно-производственное предприятие «Радар ММС», учитывая взаимную заинтересованность в работе по созданию универсальных интегрированных систем самонаведения для морского подводного оружия, а также других изделий военного и гражданского назначения, подписали генеральное соглашение о взаимодействии по вопросам научно-технического и экономического сотрудничества.

Оргкомитетом МВМС определена дата проведения следующего Салона – с 26 по 30 июня 2013 г.

25 mm artillery mount 2М-3;
Artillery mount А-190;
MRG-1.

91 official delegations from 68 countries visited IMDS–2011. Almost all countries that deal in production and exploitation of naval and sea equipment were presented during the Show. Two foreign Commanders-in-Chief of the Navy and other high-ranked official delegates attended the Show. Wide program of the delegations' work is totally fulfilled. Its format and size became much bigger comparing with the previous IMDS exhibitions.

Official delegations visited stands of such exhibitors as: «Krylov Shipbuilding Research Institute», «Severnoye Design Bureau», «Central Design Bureau for Marine Engineering «Rubin», «Admiralty Shipyards», «Concern CSRI Elektropribor», «Concern «Granit-Electron», «Avrora» Corporation Science and Production JSC, «Transas» Co. Ltd. and other enterprises of USC (United Shipbuilding Corporation).

The work of the Association of Foreign Naval Attache, who took an active part in the exhibition events, was traditionally organized at the IMDS.

Russian high officials attended IMDS–2011, among them are: Minister of Industry and Trade of Russia Viktor Khristenko, Secretary of the Security Council of Russia Nikolai Patrushev, Commander-in-Chief of the Russian Navy Vladimir Vysotsky, Governor of Saint-Petersburg Valentina Matviyenko.

Many official negotiations were held, including such participants as: Commander-in-Chief of the Russian Navy – 12, representatives of Federal Military-Technical Cooperation Service – 8; «Rosoboronexport» representatives – about 30.

The results of IMDS-2011 show that Russian and foreign enterprises conduct active marketing policy to develop their participation in the international cooperation that is connected with development and production of such complicated multilayered technical systems as ships.

Two Sailing Regattas were held during IMDS–2011: grand regatta of cruiser yachts and child's regatta.

More than 42 000 specialists took part in the Show. Near 40 000 citizens and guests of Saint-Petersburg visited the Show at weekend and got the opportunity to see the exposition, warships and demonstration flights of the aerobatic team «Rus».

The Show is developing, proving its high effectiveness and importance.

United Shipbuilding Corporation and «Transas» Co. Ltd. concluded agreement about creation of joint venture that will deal in arming of the Russian ships with high-tech navigation and automation systems.

The agreement about consortium between «Concern «Granit-Electron», «Avrora» Corporation Science and Production JSC and «Concern «Oceanpribor» was signed for developing advanced systems for the new range of submarines.

«Research-and-Production Association «Mars» with other enterprises of Concern Morinformsystem-Agat presented main elements of complex security and defense system in full scale for the first time. Representatives of several African and Asian countries expressed interest to the system and negotiations have already started.

«Concern CSRI Elektropribor» continued the negotiations with the French companies Sagem (equipment supplies) and Tronics (co-developing and production of micromechanical gyroscopes).

Joint Stock Company «Aquamarin» and Joint Stock Company «Radar mms» signed General agreement about science, technical and economic cooperation due to their interest in creating homing guidance system for underwater weapons and other equipments for military and civilian industry products.

The organizing committee has determined the date of the next Show – June, 26 – 30, 2013. ■

К 80-ЛЕТИЮ Ю.В. ВАРГАНОВА

Научный сотрудник Военного учебно-научного центра ВМФ «Военно-морская академия имени Н.Г. Кузнецова», кандидат исторических наук, доцент, заслуженный работник культуры РФ, капитан 1 ранга в отставке, известный флотский историк и журналист, родился 20 августа 1931 г. в семье служащего в селе Папоротка Товарковского района Тульской области.

В 1951 г. с отличием окончил Богородицкий сельскохозяйственный техникум в Тульской области, после чего был призван на службу в Военно-морской флот.

В 1952 г. после окончания школы радиометристов в г. Ломоносов Ленинградской области был направлен на учебу в Военно-морское политическое училище имени А.А. Жданова. Во время учебы в 1954 г. был принят в КПСС.

После окончания училища в 1955 г. служил на надводных кораблях Краснознаменного Балтийского флота: минометном заградителе «Ока» и крейсере «Чкалов». В 1959–1965 гг. – корреспондент газеты «Кронштадская правда», «Советский моряк» (ныне – «Морская газета») по ЛВМБ.

В 1960 г. окончил заочное отделение факультета журналистики Ленинградского государственного университета имени А.А. Жданова. С 1967 г. – на преподавательской работе в военно-морских учебных заведениях. В 1967–1977 гг. – преподаватель, старший преподаватель кафедры истории КПСС и партийно-политической работы Высшего военно-морского инженерного орден Ленина училища имени Ф.Э. Дзержинского. В 1975 г. защитил кандидатскую диссертацию, посвященную анализу исторического опыта подготовки инженерных кадров ВМФ СССР в межвоенный период (1921 – июнь 1941 гг.).

Последующие 34 года жизни Ю.В. Варганова неразрывно связаны со службой и работой в Военно-морской академии.

В 2003 г. Ю.В. Варганову присвоено почетное звание «заслуженный работник культуры Российской Федерации».

Член Союза журналистов СССР с 1961 г., с мая 1995 г. – член Санкт-Петербургского Союза журналистов, член редколлегии журнала «Морской вестник». Ю.В. Варганов – председатель Ассоциации флотской (ныне морской) прессы при Союзе журналистов Санкт-Петербурга, созданной по его инициативе 15 сентября 1996 г.



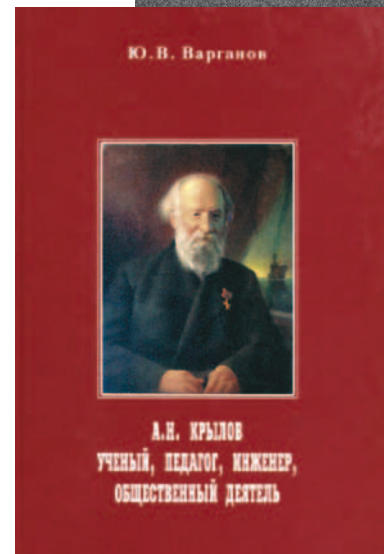
Ю.В. Варганов – автор около 100 научных трудов и публикаций по истории отечественного флота и военно-морского образования, в том числе: «Герои седой Балтики» (1965 г.), «Они сражались на Балтике» (1968 г.), «Инженеры флота» (1973 г.), «Военно-морская академия на службе Отечеству» (соавторы – В.Н. Половинкин, В.В. Пыж) (2001 г.), «Отчизны верные сыны» (2007 г.). Им опубликованы три монографии о жизни и научно-педагогической деятельности этого выдающегося ученого-кораблестроителя, механика и математика академика А.Н. Крылова (2003, 2009 гг.).

Юрий Васильевич Варганов награжден орденом Красной Звезды, многими медалями, в том числе «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.», памятной медалью «Патриот России» – за значительный вклад в патриотическое воспитание военных моряков.

Коллеги по службе и работе сердечно поздравляют Юрия Васильевича с 80-летием и желают долгих лет жизни, крепкого здоровья, новых творческих успехов. ■

*Ю.Д. Пряхин, д-р истор. наук,
проф., капитан 1 ранга в отставке*

Журнал «Морской вестник» присоединяется к этим поздравлениям и желает Юрию Васильевичу благополучия и удачи



Посвящается
Главному конструктору
системы «Узел»

Филиппу Георгиевичу Старосу



Создание боевой информационно-управляющей системы «Узел» является гигантским прорывом в двух принципиальных направлениях:

– техническом, поскольку габариты, объем, вес и энергопотребление были значительно уменьшены, а функциональные и эксплуатационные возможности увеличены во много раз относительно тех систем, которые разрабатывались в то время в Министерстве судостроительной промышленности;

– политическом, так как впервые подводникам разрешили выйти за отраслевые барьеры и работать с фирмами другого министерства, т. е. заглянуть и перепрыгнуть через высокий ведомственный «забор», укрепленный секретностью.

В дальнейшем этот прецедент, который можно приравнять к подвигу, позволил создать и внедрить на неатомной подводной лодке IV поколения «Лада» десятки новинок, значительно опередивших время.

Создавался БИУС «Узел», как любая принципиально новая система, с большими трудностями, в итоге успешно преодоленными. Об этом книга Марка Петровича Гальперина.

На подводных лодках II поколения проекта 641 Б («Танго» класс) и III поколения проекта 877, 636 («Кило» класс) система «Узел» прошла апробацию и модернизацию, позволившие достичь исключительно высоких результатов.

Общее количество неатомных лодок, построенных с использованием этой системы, превысило 75 единиц. Заслуги создателей БИУС «Узел», как это часто бывает, до сих пор не оценены по достоинству.

ПРЫЖОК КИТА WHALE JUMP

М.П. Гальперин. Прыжок кита. СПб.: Политехника-сервис, 2010, –352 с.



Мои доклады на коллегиях Министерства судостроительной промышленности о том, что БИУС «Узел» состоит всего из 2-3 стоек, а количество решаемых задач соответствует гигантским по размерам и энергопотреблению системам других разработчиков, вызывало в те годы бурное сопротивление в Министерстве и директорском корпусе судостроительной промышленности. Дело в том, что внедрение БИУС «Узел» приводило к очевидному уменьшению водоизмещения кораблей и, как следствие, к резкому сокращению потребления финансовых и трудовых ресурсов.

В Минсудпроме бытовало мнение, что если на подводной лодке электронное оборудование занимает менее 30% объема водоизмещения, то корабль неспособен решать все необходимые задачи. Эта «самовозгонка»

БИУСов, акустических и навигационных комплексов привела к созданию подводных мастодонтов III и IV поколений, уступающих по сумме качеств кораблям вероятного противника, и к неоправданным затратам.

Преодолевать консерватизм невероятно трудно, но несмотря ни на что у российских специалистов имеются разработки, отвечающие не только сегодняшнему дню, но и будущему. ■

Ю. Н. Кормилицин,
генеральный конструктор
неатомных подводных лодок,
д-р техн. наук, проф.,
дважды лауреат Государственных
премий СССР и России

Тринадцатый морской министр (управляющий Морским министерством), генерал-адъютант, адмирал, член Государственного Совета, почетный член Конференции Николаевской морской академии и Императорской академии наук, путешественник Павел Петрович Тыртов родился 15(3) июля 1836 г. в поместье своего отца, отставного полковника артиллерии Петра Александровича, в сельце Миронежье (сегодня – деревня в 11 км от Торжка), Торжковской волости Тверской губернии. Происходил из старинного дворянского рода Тыртовых, родоначальником которого был Гавриил Семенович Тыртов, бывший посланником к крымскому хану Сафа-Гирею (1513 г.) и убитый в 1548 г. в сражении с татарами.

Отличала Тыртовых любовь к флоту и преданность морскому делу. В списках русского флота с самого его основания постоянно встречается фамилия Тыртовых. Еще 7 сентября (27 августа) 1702 г. полковник Тыртов, командуя низовым полком из тысячи человек на 30 донских лодках (шкуты, карбасы), атаковал на Ладожском озере близ Кексгольма шведскую эскадру вице-адмирала Нумерса, состоявшую из восьми вооруженных судов, и заставил ее уйти в Выборг. В этом сражении были захвачены два шведских шкута, два сожжены и один потоплен, а воды озера навсегда остались во власти русских.

9 сентября (27 августа) 1847 г. Павел определили в Морской кадетский корпус в Санкт-Петербурге. В прошении его отца от 21(9) февраля 1842 г. по этому поводу говорилось: «Сына моего Павла Тыртова, имеющего от роду 7 лет и обученного чтению и чистописанию русского и французского языков, желаю отдать для воспитания в Морской кадетский корпус... А что он действительно имеет дворянское достоинство, и что есть действительно мой законный сын, в удостоверение сего препровождаю свидетельство...».

С этого времени вся жизнь Павла Петровича оказалась связана с императорским флотом России.

13(1) сентября 1852 г. Павел был произведен в гардемарины. С 1848 по 1853 г. в летнее время находился в крейсерстве между Санкт-Петербургом и Кронштадтом на корпусном 24-пушечном фрегате «Отважность» под командой капитана 2 ранга Тверитинова, после чего 24(12) августа 1853 г. на 16-пушечном корвете «Наварин» под командой капитан-лейтенанта Истомина вышел из Кронштад-

ТРИНАДЦАТЫЙ МОРСКОЙ МИНИСТР ИМПЕРАТОРСКОГО ФЛОТА РОССИИ АДМИРАЛ П.П. ТЫРТОВ

*С.П. Сирый, проф., капитан 1 ранга запаса,
председатель военно-исторической секции Дома ученых РАН,
председатель секции истории Российского флота и историограф СПб МС,
заслуженный работник высшей школы России,
контакт. тел. (812) 4319423*



та в крейсерство по Балтийскому морю и за границу до Портсмута (Англия). Плавание закончилось 26(14) марта 1854 г. по причине полученного в Немецком море повреждения. Корвет возвратился в Кронштадт (в Общем морском списке сообщается, что корвет зашел в Голландию, где был продан, а команда сухопутным путем была доставлена в Россию. Есть и другая версия: корвет был переведен в Ригу и плавал в составе Рижской гребной флотилии).

10 мая (28 апреля) 1854 г. Павел Петрович, которому было 18 лет, успешно окончил Морской кадетский корпус с производством в мичманы и оставлен в офицерском классе корпуса для продолжения учебы с назначением на Балтийский флот, в 15-й флотский экипаж. Но, поскольку шла Крымская (Восточная) война 1853–1856 гг., его определили на корабль «Вилагош» под командой капитана 1 ранга Попова. «Вилагош» стоял на Малом Кронштадтском рейде с 25(13) мая по 7 ноября (26 октября), защищая крепость Кронштадт с моря. Все корабли, на которых служил П. Тыртов во время этой войны, входили в состав 1-й флотской дивизии под

начальством адмирала П.И. Рикорда и находились в Кронштадтской гавани. В 1855 г. на 18-пушечном парусофрегате «Камчатка» под командой капитан-лейтенанта Тевандина с 15(3) мая по 1 октября (19 сентября) на Кронштадтском северо-восточном рейде Павел Петрович состоял в должности флаг-офицера при вице-адмирале И.И. фон Шанце и участвовал в защите крепости от подошедшей объединенной англо-французской эскадры. В 1856 г. на 54-пушечном броненосном корабле «Не тронь меня» (один из первых отечественных броненосцев) под командой капитана 1 ранга П.А. Перелешина (Перелешин одновременно командовал 9-м флотским экипажем) крейсировал в Балтийском море.

После завершения Крымской кампании П.П. Тыртов продолжил обучение в офицерском классе Морского кадетского корпуса, по окончании курса которого первым по выпуску в 1857 г. получил 18(6) июня того же года звание лейтенанта. Во время обучения 10 мая (28 апреля) 1856 г. Павел Петрович был награжден бронзовой медалью на Андреевской ленте в память войны 1853–1856 гг., а его имя было занесено на мраморную доску корпуса.

В ходе дальнейшей службы он прошел все ступени служебной лестницы от мичмана до командира эскадры в Тихом океане.

С 28(16) июля по 11 ноября (30 октября) 1857 г. на 18-пушечном парусофрегате «Камчатка» под командой капитан-лейтенанта барона Гейкина П.П. Тыртов крейсировал в Балтийском море. 1 февраля (20 января) 1858 г. его назначают в 4-й флотский экипаж. В этом же году на парусофрегате «Отважный» под командой капитана 1 ранга Р.С. Вальбронта с 14(2) мая по 14(2) августа) крейсировал в Балтийском море, затем на корабле «Гангут» под командой капитана 2 ранга Тевандина. В этом же году на парусно-винтовой лодке «Стерлядь» (два 214-мм бомбических

орудия и одна 174-мм пушка), которым командовал уже сам, с 9 сентября (28 августа) по 15(3) октября находился в плавании между Санкт-Петербургом и Кронштадтом; в 1859 г. на канонерской парусно-винтовой лодке «Чайка» крейсеровал в финляндских шхерах. Затем на пароходофрегате «Камчатка» под командой капитан-лейтенанта барона Гейкена в должности флаг-офицера в период с 24(12) августа по 4 октября (23 сентября) крейсеровал в Балтийском море. В 1860 г. принимал участие в проводке фрегата «Ослябя» из Петербурга в Кронштадт под командой капитана 2 ранга Н.Н. Назимова, а с 5 октября (24 сентября) 1861 г. по 20(8) сентября 1864 г. на фрегате «Ослябя» под командованием капитанов 1 ранга: Н.Н. Назимова 1-го и И.И. Бутакова 3-го перешел из Кронштадта в Средиземное море. Во время плавания посещал различные порты, затем плывал в Атлантическом океане и у восточных берегов Северной Америки, после чего возвратился в Балтийское море. 3 февраля (23 января) 1863 г. переведен в 5-й флотский экипаж, а 10 февраля (29 января) назначен командиром 2-й роты. 9 августа (28 июля) назначен исправляющим должность старшего офицера на фрегате «Ослябя».

17(5) августа 1864 г. Павел Петрович награжден орденом Св. Анны 3-й степени, а 23(11) сентября того же года утвержден в должности старшего офицера фрегата «Ослябя». 4 апреля (23 марта) 1865 г. назначен старшим офицером на 70-пушечный винтовой фрегат «Генерал-Адмирал» под командой капитана 1 ранга И.И. Бутакова 3-го с переводом в 4-й флотский экипаж. С 24(12) мая по 8 сентября (27 августа) в эскадре под флагом его императорского высочества генерал-адмирала великого князя Константина Николаевича ходил до Стокгольма и Копенгагена.

13(1) января 1866 г. Павел Петрович произведен в капитан-лейтенанты, с 3 июня (22 мая) участвовал в дальнем походе в Средиземное море. 22(10) июня 1867 г. в греческом порту Пирей капитан 1 ранга И. Бутаков 3-й передал командование фрегатом флигель-адъютанту капитану 1 ранга Михаилу Федоровскому, после чего фрегат продолжил плавание с заходами в различные порты Европы и 10 сентября (29 августа) 1867 г. благополучно возвратился на Большой Кронштадтский рейд. 13(1) января 1868 г. Павел Петрович награжден орденом Св. Владимира 4-й степени, 8 июня (27 мая) пожалован греческим орденом Спасителя офицерского креста.

13(1) января 1869 г. назначен командиром клипера «Алмаз» с переводом в 1-й флотский экипаж; 23(11) марта переведен во 2-й флотский экипаж, а 19(7) апреля назначен командиром двухбашенной броненосной лодки «Смерч» с переводом в 6-й флотский экипаж. В 1869–1870 гг. на «Смерче» участвовал в плаваниях по Балтийскому морю. 13(1) января 1870 г. П. Тыртов награжден орденом Св. Станислава 2-й степени, 13(1) января 1872 г. императорской короной к этому ордену и высочайшим приказом за №944 назначен командиром корвета «Аскольд» с переводом во 2-й флотский экипаж. С 13(1) августа 1872 г., командуя корветом «Аскольд», Павел Петрович совершил кругосветное плавание. В 1872–1873 гг. он служил на Тихом океане.

13(1) января 1874 г. П.П. Тыртов произведен в капитаны 2 ранга, а в 1875 г. награжден орденом Св. Анны 2-й степени. 1 сентября (22 августа) 1877 г. его производят в капитаны 1 ранга.

В 1878 и 1879 гг. П. Тыртов командовал тем же корветом «Аскольд» и броненосной батареей «Не тронь меня» в Финском заливе и Балтийском море. В 1880 и 1881 гг. Павел Петрович командовал броненосным фрегатом «Князь Пожарский» в Тихом океане, откуда по суше возвратился в Кронштадт. В 1882 г. П. Тыртов был награжден орденом Св. Владимира 3-й степени, а также японским орденом Восходящего солнца. В 1882 и 1884 гг. он командовал броненосным фрегатом «Владимир Мономах» в Финском заливе и Балтийском море. 13(1) января 1884 г. Павлу Петровичу объявлено именное монаршее благоволение.

19(7) июня этого же года П. Тыртов был прикомандирован к 8-му флотскому экипажу; 1 июня (20 мая) 1885 г. Павлу Петровичу за успешное окончание работ по пересмотру Морского устава объявлено высочайшее благоволение.

13(1) января 1886 г. П. Тыртова назначают на должность помощника начальника Главного Морского штаба, 25(13) апреля производят в контр-адмиралы с утверждением в должности. В 1887 г., имея свой флаг на пароходе «Днепр», командовал шхерным отрядом практической эскадры. В 1888 г. он получил германский орден короны 2-й степени со звездой, в 1889 г. орден Св. Станислава 1-й степени.

Имея свой флаг последовательно на корабле «Петр Великий», крейсере «Азия», пароходах «Работник» и «Ильмень» и шхуне «Славянка», П. Тыртов состоял младшим флаг-

маном практической эскадры в Финском заливе. 13(1) апреля 1890 г. за труды в Комиссии по преобразованию Морского ведомства, а затем по разработке положения об Амударьинской флотилии, ему также объявлены монаршие благоволения. Затем Павла Петровича командируют в порты Черного моря, а 8 сентября (27 августа) 1891 г. назначают начальником эскадры в Тихом океане.

В докладной записке от 7 июня (25 мая) 1892 г. контр-адмирал П.П. Тыртов, командуя Тихоокеанской эскадрой, сформулировал основные требования к кораблям типа канонерской лодки: осадка – не более 2,7 м, скорость – не менее 12 уз, водоизмещение – около 750 т. Состав вооружения определялся тем, что лодки будут действовать против сухопутных войск: четыре 120-мм орудия, четыре 47- и 37-мм скорострельные пушки Гочкиса, одна десантная пушка Барановского. Бронирование «не могло быть существенным; парусного вооружения не предполагается, хотя одну стальную мачту с боевым марсом имеет смысл оставить для наблюдения за рекой и берегом».

В 1891–1893 гг., имея последовательно свой флаг на фрегате «Память Азова», крейсерах «Дмитрий Донской», «Витязь» и лодке «Бобр», он совершил плавание у берегов Китая и Японии.

В 1892 г. награжден орденом Св. Анны 1-й степени. 12 сентября (30 августа) произведен в вице-адмиралы. В 1893 г. П. Тыртов получил японский орден Восходящего солнца 1-й степени, а в 1894 г. награжден орденом Св. Владимира 2-й степени.

2 ноября (20 октября) 1894 г. на российский престол вступил император Николай II, который следуя завету своего родителя, смотревшего на военно-морские силы империи, как на охранительный оплот ее государственных интересов и национального достоинства, оказал полнейшее содействие программе судостроения Морского министерства, выделив для этого дополнительные финансовые средства.

25(13) июля 1896 г. вице-адмирал П.П. Тыртов был назначен управляющим Морским министерством и с этого времени возглавлял работу по планированию и осуществлению военно-морского строительства в России.

9 декабря 1896 г. Павел Петрович был награжден орденом Белого Орла и избран почетным членом Конференции Николаевской морской академии. В 1897 г. получил австрийский орден Леопольда большого

креста, французский Почетного Легиона и прусский Красного Орла 1-го класса. В 1898 г. П. Тыртов избран физико-математическим отделением Императорской академии наук членом-корреспондентом Главной физической обсерватории, а в 1900 г. – почетным членом Императорской академии наук за заслуги перед отечественным просвещением.

В феврале 1899 г. П.П. Тыртов узнал о испытании металлической мебели на американском крейсере «Атланта» и предложил установить ее на строившихся кораблях Российского флота.

12 мая (30 апреля) 1898 г. главный медицинский инспектор флота лейб-хирург В.С. Кудрин обратился к управляющему Морским министерством П. Тыртову с докладом, в котором предлагал отказаться от традиционного развертывания боевого перевязочного пункта в офицерской кают-компании, лишенной броневых прикрытия и часто одновременно используемой для подачи снарядов. Одного случайного попадания снаряда было достаточно, чтобы перебить весь санитарный персонал, как это случилось на японском крейсере «Хией», команда которого до конца боя оставалась без медицинской помощи. В.С. Кудрин предлагал уже при проектировании корабля предусматривать защищенные помещения для перевязочного пункта с удобными подходами для доставки раненых, коридоры для ожидающих перевязки, усиленную вентиляцию и электрическое освещение, водопровод, телефон и все необходимое оборудование. Этими требованиями, одобренными П.П. Тыртовым, и руководствовались в Морском техническом комитете при проектировании крейсера «Варяг». Благодаря этому, кроме операционной (перевязочного пункта в бою), размещенной под броневой палубой с левого борта, на крейсере предусматривались лазарет, специальные помещения для фельдшеров и санитаров, аптека и дополнительный лазарет.

19(6) декабря 1901 г. П.П. Тыртов был произведен в адмиралы, а 27(14) апреля 1902 г. назначен генерал-адъютантом.

П.П. Тыртов был полон планов по укреплению и развитию Российского военно-морского флота, но тяжелая болезнь оборвала его кипучую деятельность. 16(3) марта 1903 г. после тяжелой болезни Павел Петрович скоропостижно скончался в своей квартире в здании Адмиралтейства. Ему было 57 лет (заметим, что адми-

рал И.К. Григорович стал Морским министром в 58 лет).

П.П. Тыртов был женат на дочери отставного генерал-майора Бубнова – Марии. У них была дочь Мария, родившаяся 7 февраля (26 января) 1869 г. У Павла Петровича был младший брат Сергей Петрович (1839–1903) – вице-адмирал, главный командир Черноморского флота и портов.

С одинаковой энергией и усердием Павел Петрович Тыртов исполнял административные обязанности по Морскому ведомству, занимая в разное время должности помощника начальника Главного Морского штаба, начальника Главного управления кораблестроения и снабжения и председателя комитета добровольного флота.

Призванный высочайшей волею на должность управляющего Морским министерством он принялся с неослабевающей энергией за выполнение Программы развития русских военно-морских сил. Благодаря его неустанным заботам в последние годы управления им Морским ведомством спущено на воду значительное количество военных судов и поднята на должный уровень боевая готовность русского флота.

К 1896 г. на русских верфях и заводах одновременно велась постройка девяти судов, не считая миноносцев, в том числе броненосные крейсера-колоссы «Рюрик» и «Россия».

До 1895 г. постоянно увеличивающаяся русская Тихоокеанская эскадра могла свободно пользоваться для своих временных стоянок японскими портами, но затем в связи с созданием броненосного флота в Японии возникла проблема изыскания на Тихом океане прочной базы для судов русского флота. Следовало иметь поблизости незамерзающий порт, в котором можно было бы вести не только малый, но и крупный ремонт корпусов, механизмов и вооружения кораблей Дальневосточной эскадры. Владивосток не мог служить таким портом, поскольку заморозил, к тому же не был подготовлен для проведения крупного ремонта кораблей.

Признавая всю важность назревших вопросов, император Николай II велел отпустить на потребности усиленного судостроения 90 млн. руб. сверх ассигнований по сметам обычных расходов Морского министерства в течение 1898–1904 гг. На всеподданнейшем докладе генерал-адмирала Алексея Александровича по этому поводу была следующая резолюция императора Николая II:

«Да благословит Господь и да увенчает Он успехом великое дело усиления родного флота на пользу и славу России».

Благодаря удачно сложившимся обстоятельствам Россия смогла приобрести базу для кораблей Тихоокеанской эскадры на Гуандунском (Квантунском) полуострове Китая. По дипломатическому акту от 1898 г. китайским правительством были уступлены России во временное пользование незамерзающие Порт-Артур и бухта Талиенвань вместе с частью земельного участка самого полуострова. 11 августа (30 июля) 1899 г. по высочайшему повелению там был zaloжен город Дальний.

Большой заслугой П.П. Тыртова является еще и то, что он постоянно доказывал необходимость изучения и освоения Тихого океана. В течение пяти лет он исследовал побережье Дальнего Востока, посещал порты Кореи, Китая, Японии; разработал несколько проектов заселения малообжитых районов Приморья, организации постоянных мест базирования российских кораблей, создания судоремонтных и судостроительных заводов.

Ассигнования сумм по сметам Морского министерства за время управления им адмиралом П.П. Тыртовым возросли с 57 966 000 руб. в 1896 г. до 98 318 984 руб. 1902 г. По состоянию на конец 1902 г. в состав русского флота входили следующие корабли: 26 эскадренных броненосцев; 14 броненосцев береговой обороны; 15 мореходных канонерских лодок; 39 крейсеров 1 и 2 рангов; 9 минных крейсеров; 10 учебных судов; 133 миноносца; 10 канонерских лодок береговой обороны; 6 яхт; 23 транспорта; 20 пароходов; 54 портовых судна; 1 парусное учебное судно. Всего 360 судов.

За время управления П.П. Тыртовым Морским министерством были образованы в 1900 г. учебно-артиллерийские и учебно-минные отряды Балтийского флота; предоставлены особые преимущества государственной службы по Морскому ведомству в отдаленных местностях империи; образован учебный отряд Черноморского флота; учрежден в Порт-Артуре в 1902 г. Квантунский флотский экипаж.

В честь П.П. Тыртова названы мыс Тыртова (ныне – Пэгандан) в Японском море, обследованный в 1893 г. экипажем корвета «Витязь»; бухта на Новой Земле, остров в Карском море, архипелаг, открытый и нанесенный на карту полярной экспедицией Норденшельда в 1900–1903 гг. ■

Русский адмирал Григорий Андреевич Спиридов (1713–1790 гг.) более 45 лет отдал службе в Российском военно-морском флоте, которую он начал в десятилетнем возрасте. Всеобщее признание он получил в связи со своей успешной флотоводческой деятельностью в ходе 1-й Архипелагской экспедиции русского флота (1769–1774 гг.), стал широко известен благодаря своему героизму, проявленному в Чесменском морском сражении 1770 г., а также активной и искренней поддержке национально-освободительной борьбы греков против многовекового османского ига.

Богатейший жизненный, служебный и боевой опыт Григорий Андреевич получил прежде всего в годы многолетней корабельной службы, активного участия в боевых действиях в ходе русско-турецкой войны 1735–1739 гг., а также в ходе Семилетней войны 1756–1763 гг.

Неслучайно с началом русско-турецкой войны 1768–1774 гг. при выборе командующего эскадрой, которую решено было направить в Средиземное море, возникла кандидатура вице-адмирала Г.А. Спиридова. «Мы поручили нашему вице-адмиралу Спиридову, – гласит секретный указ Адмиралтейств-коллегии от 20 марта 1769 г., – некоторую экспедицию, чего ради Адмиралтейств-коллегии имеет чинить ему по его требованию всевозможное вспоможение» [2].

Г.А. Спиридов родился в Москве в 1713 г. в потомственной дворянской семье. С десятилетнего возраста по настоянию родителей был зачислен как вольноопределяющийся во флот. В течение пяти лет ежегодно ходил в плавания на кораблях Балтийского флота в качестве волонтера. В 1728 г. в 15-летнем возрасте принял присягу, вступил на действительную службу гардемаринном и вскоре был направлен на Каспийское море, где командовал ботами «Святая Екатерина» и «Шах-Дагай», затем в чине мичмана служил на кораблях в Кронштадте, а в 1737 г. направлен на Азовский флот.

В качестве адъютанта командующего Азовской флотилии вице-адмирала Бродяля принимал непосредственное участие в боевых действиях, где проявил храбрость и был произведен в лейтенанты. По завершении войны его направляют на Белое море. Дважды на новопостроенных кораблях совершал плавания из Архангельска в Кронштадт. С 1749 г. Г.А. Спиридов – командир фрегата «Россия» на Балтике. В 1750 г. командует придворными яхтами. В чине капитана 3 ранга исполняет должность ротного командира при Морском кадетском корпусе, постоянно совершает плавания по Балтийскому морю. Во время Семилетней войны командовал флагманским кораблем «Св. Дмитрий Ростовский».

АДМИРАЛ ГРИГОРИЙ СПИРИДОВ В ИСТОРИИ РОССИИ И ГРЕЦИИ

К 220-ЛЕТИЮ СО ДНЯ СМЕРТИ

*Ю.Д. Пряхин, д-р истор. наук, проф.,
контакт. тел. (812) 299 8649*

Смерть Елизаветы в декабре 1761 г., и вступление на престол Петра III свели на нет все успехи русской армии и флота в Семилетней войне [3]. Новый император заключил с Пруссией в 1762 г. союз, который вскоре расторгла вступившая на престол Екатерина II, однако продолжения войны не последовало.

Отличившегося во многих боевых эпизодах этой войны капитана 1 ранга Спиридова в 1762 г. производят в контр-адмиралы, назначают командующим Ревельской эскадрой.

4 мая 1764 г. Спиридова производят в чин вице-адмирала. Он с успехом исполняет последовательно должности командующего Кронштадтской эскадрой, главного командира Ревельского, потом Кронштадтского портов. В 1767 г. принял командование всеми силами Балтийского флота [4].

Затем последовали очередной чин – адмирала – и орден Св. Александра Невского. В ходе осмотра императрицей Екатериной II кораблей эскадры, подготовленной к длительному морскому походу в связи с началом русско-турецкой войны 1768–1774 гг. адмирал Г.А. Спиридов получил высочайшее повеление на выход море. В составе эскадры вышло в поход семь линейных кораблей (66- и 84-пушечных), один 36-пушечный фрегат и семь более мелких по водоизмещению и вооружению военных и вспомогательных судов. Российский флот впервые вышел в столь длительное плавание для выполнения боевых задач. Вслед за эскадрой Г.А. Спиридова к переходу в Средиземное море спешно стала готовиться вторая эскадра под командованием контр-адмирала Д. Эльфинстона.

Плавание в тяжелых штормовых условиях показало, что корабли Спиридова оказались совершенно не приспособлены для такого похода. Они часто выходили из строя из-за многочисленных поломок. Матросы из-за своего физического состояния и отсутствия привычки к морю не всегда четко выполняли свои функции, часто болели и нередко умирали. Большинство офицеров также не было подготовлено к столь трудному и продолжительному походу, не обладали должными знаниями и опытом длительных плаваний в штормовых

условиях. В результате переход затягивался по времени, однако, несмотря на все это, адмирал Спиридов, будучи сам в преклонном возрасте, упорно вел свои корабли в Средиземное море, готовил их к предстоящим морским сражениям.

В феврале 1770 г. основные силы эскадры Спиридова подошли к берегам Греции и стали на якоря в бухте Витولو на Майне, южном полуострове Мореи (Пелопоннеса), где и высадили на берег десант. Приход русской эскадры был встречен греческим населением с энтузиазмом. К русскому флоту вскоре присоединилось несколько греческих судов, владельцы которых пожелали поступить на русскую службу.

По решению адмирала Г.А. Спиридова одновременно была начата с моря и с суши осада сразу двух турецких прибрежных крепостей Корона и Наварино. После нескольких дней бомбардировки крепостей артиллерией и ряда проведенных штурмов 10 апреля 1770 г. удалось принудить к капитуляции крепость Наварино.

В это время при попытке осадить и взять крепость Модан греческое войско потерпело поражение и практически разбежалось. Значительные армейские силы турок блокировали Наварин с суши, и граф А. Орлов принял решение оставить крепость. Приказав взорвать ее стены и разрушить основные сооружения, главнокомандующий с гарнизоном крепости ушел на линейном корабле в сопровождении малых судов в море и вскоре присоединился к объединенной эскадре. Здесь генерал-аншеф граф Алексей Орлов принял главное начальство над флотом и повел его к острову Парос, где в бухте Ауза (Науса) решено было создать главную базу русского флота.

Поиск вражеского флота не прекращался, и 22 июня вечером турецкий флот был обнаружен в проливе между островом Хиос и малазийским берегом, на котором располагалась приморская турецкая крепость Чесма.

Утром 24 июня 1770 г. две эскадры – турецкая в составе 16 линейных кораблей и 6 фрегат, выстроившаяся вдоль берега, и русская, насчитывавшая 9 линейных кораблей, 3 фрегата и

бомбардирское судно – начали морское сражение. По решению Военного совета командовал авангардом в бою адмирал Г.А. Спиридов, находившийся на флагманском корабле «Св. Евстафий Плакида». Там же присутствовал и брат главнокомандующего, генерал-майор граф Федор Орлов. Кардебаталию (центр) возглавлял главнокомандующий граф А.Орлов, арьергард – контр-адмирал Эльфинстон.

В ходе начавшегося ожесточенного боя был подожжен турецкий флагманский корабль «Реал-Мустафа». Его горящая мачта упала на «Св. Евстафий», огонь попал в кюйт-камеру русского корабля. Последовал взрыв боеприпасов, и оба флагмана, уже сцепившиеся в абордажном бою, взлетели на воздух. К этому времени адмирал Г. Спиридов и граф Ф. Орлов в соответствии с Морским уставом покинули на шлюпке флагманский корабль, получивший тяжелые повреждения и потерявший управление.

Потрясенная случившимся турецкая эскадра в беспорядке отошла в Чесменскую бухту, где была надежно заблокирована русской эскадрой.

По предложению Г.Спиридова, поддержанному Военным советом и утвержденному А.Орловым, турецкий флот решили уничтожить комбинированным ударом корабельной артиллерии и брандеров из числа греческих судов, отобранных и соответственно оборудованных по согласованию с их хозяевами. В ночь на 26 июня отряд под командованием бригадира С.К. Грейга вошел в Чесменскую бухту. Корабли открыли интенсивный артиллерийский огонь по турецкому флоту брандскугелями (зажигательными снарядами), поджигая вражеские корабли. Брандер лейтенанта Д.С. Ильина также поджег крупный турецкий корабль. Пламя от него распространилось по другим турецким кораблям, и пожар стал всеобщим.

Утром русские моряки обнаружили, что турецкий флот полностью уничтожен. Турки потеряли убитыми и ранеными около 11 тысяч человек, потери русского флота составили 11 человек убитыми, погибли все брандеры, различные повреждения получили русские корабли. Сама Чесма, брошенная ее защитниками и жителями, была занята высадившимися на берег русскими и греческими матросами [5].

«Слава Господу Богу и честь Всероссийскому флоту! С 25-го на 26-е неприятельский военный турецкий флот атаковали, разбили, разгромили, сожгли; на небо пустили, потопили и в пепел обратили и оставили на том месте престрашное позорище, а сами стали быть во всем Архипелаге, нашей Всемилостивейшей Государыни господствующи», – с гор-

достью сообщал адмирал Г.А. Спиридов вице-президенту Адмиралтейств-коллегии графу И. Чернышеву [6].

Итоги Чесменского сражения, имевшего военно-стратегическое значение, вызвали в европейских странах неподдельное удивление, а Турция испытала настоящее потрясение. Русский флот стал безраздельно господствовать в Эгейском море. Это создало весьма благоприятные условия для действия русских сухопутных войск.

В России Чесменская победа вызвала гордость за свой флот, за Отечество.

По повелению Екатерины II все участники данного сражения были награждены медалями, отчеканенными в честь Чесменской победы, на которой под изображением горящего турецкого флота стояла лаконичная, все объясняющая надпись: «Был».

Главнокомандующий всеми морскими силами в Средиземном море граф Алексей Орлов за победу при Чесме удостоился ордена Св. Георгия Победоносца 1-й степени и получил дополнение к своей фамилии – Чесменский.

Адмирал Григорий Спиридов был награжден орденом Андрея Первозванного и землей с деревнями и крепостными крестьянами, а также получил широкую известность как флотоводец не только в России, но и за рубежом.

Все другие отличившиеся участники сражения по представлению командиров кораблей и частей и их начальников – адмирала Г.Спиридова и генерал-аншефа графа А.Орлова – были также осыпаны дождем наград и высочайших милостей.

По повелению императрицы в Санкт-Петербурге и ее окрестностях были возведены мемориальные сооружения. В Царском Селе на Большом пруду по проекту А. Ринальди установили Чесменскую колонну, увенчанную бронзовым орлом, раздирающим турецкий полумесяц. Бронзовые барельефы на темы морских сражений русского флота при Хиосе, Чесме и Мелетине (Митилени) украшают ее пьедестал, прославляя подвиги моряков русского императорского флота в Средиземном море.

В Санкт-Петербурге в память о Чесменской победе по проекту архитектора Ю.Фельтена при военной богадельне была построена Чесменская церковь, освященная в десятую годовщину сражения и ныне являющаяся гордостью Санкт-Петербурга.

Героизм русских моряков увековечен и вдали от их любимой родины: жители местечка Мерсинджик на месте захоронения моряков, погибших при взрыве русского флагманского корабля «Св. Евстафий» (погибло свыше 600 человек – *Прим. Ю.П.*), возвели церковь Св. Георгия, ставшую памятником всем погиб-

шим морякам, участникам Чесменского сражения.

Во второй половине 1770 г. граф А. Орлов с высочайшего дозволения уехал в Санкт-Петербург для личного доклада императрице об обстановке в Средиземноморском регионе. К этому времени контр-адмирал Эльфинстон, разбивший на камнях свой флагманский корабль «Святослав» и едва не попавший за это под суд, был уже уволен со службы и отбыл на свою Родину, в Англию.

Имевший и до того большие полномочия, официально установленные ему Екатериной II, адмирал Г.Спиридов после отъезда графа А. Орлова стал принимать важные решения и действовать теперь уже без оглядки на главнокомандующего, неся при этом личную ответственность.

Он сумел наладить необходимые деловые отношения со многими греками, являющимися ставленниками (наместниками) турецких властей на островах Архипелага, некоторые из них стали союзниками, настоящими помощниками русского адмирала, флотского командования. Ярким примером взаимопонимания, стремления во всем помогать русским морякам может служить деятельность турецкого наместника на острове Наксос Якова Коронелли и его семьи. С приходом на остров Парос русской эскадры Яков Коронелли наладил деловые контакты с русским командованием, стал активно помогать россиянам, начал принимать самое непосредственное участие в борьбе против Османской Порты. Следует заметить, что сын Якова – Антонио Коронелли – поступил волонтером на эскадру Спиридова, получил чин офицера, ушел с кораблями в Россию, стал российским подданным. Он честно служил на флоте, затем на дипломатическом поприще, стал кавалером ряда российских орденов. Службу закончил в Триесте в 1834 г. в чине действительного статского советника и в должности генерального консула в Иллирийском королевстве [7].

Именно благодаря действенной помощи и поддержке таких авторитетных людей, как Яков Коронелли, а также самоотверженному труду и доброжелательности простых греков-островитян, адмиралу Г.А.Спиридову удалось в сравнительно короткие сроки создать на острове Парос укрепленную военноморскую базу русского флота, в целом отвечающую основным требованиям для защищенной стоянки кораблей, их обслуживания и ремонта; для жизни, отдыха и лечения воинов армейских частей и экипажей судов [8].

В январе 1771 г., по настоятельной просьбе большинства населения ряда островов, воодушевленных победами русского флота, начавших самостоятельно изгонять протурецки настроен-

ных заместителей и чиновников, адмирал Г.А. Спиридов принял в российское подданство 18 островов Архипелага.

Будучи весьма набожным человеком, адмирал постоянно заботился о духовном состоянии моряков эскадры, об укреплении духовной связи с греками-единоверцами, христианами Балканского полуострова. Благодаря его просьбам на эскадре было обеспечено необходимое представительство флотского духовенства [9].

Грекам оценивали поведение адмирала в повседневной управленческой деятельности и в морских боях.

Г.А. Спиридов всячески приветствовал и поощрял приход в эскадру греческих волонтеров, комплектование флота частными греческими кораблями, организацию нерегулярного войска из греков, пожелавших с оружием в руках принять, совместно с российскими воинами, участие в сражениях с Османской Портой, в борьбе против турецкого ига. И фактов, свидетельствующих об этом, множество. Так, например, 4 марта 1770 г. поступил волонтером на эскадру Спиридова грек Антон Алексано, который участвовал во многих морских боях, в том числе и в Чесменском сражении. Продолжая службу на русском флоте, он стал кавалером ряда орденов, вице-адмиралом [10].

Грек Иоаннис Леонтидис (Варвацци) с острова Псара вооружил свое судно «Св. Андрей», нанял команду из греков, готовых сражаться с турками и по решению командующего эскадрой был принят в ее состав. Отличился при блокаде и взятии крепости Наварино. Капитан-судовладелец превратил свое судно в брандер, которым командовал лейтенант Ильин, участвовал в поджоге турецкого корабля в Чесменском сражении, получил чин поручика и в дальнейшем чувствовал благосклонность к себе со стороны Екатерины II. Возможно, именно поэтому его дальнейшая жизнь в России сложилась весьма удачно и счастливо. Он принял российское подданство, нажил крупное состояние, прославился своей меценатской деятельностью как в России, так и в Греции. Был возведен в российское дворянское достоинство, стал кавалером ордена Св. Владимира, щедро финансировал национально-освободительную борьбу греков. Оставил о себе светлую память у себя на родине в Греции, а также в любимой им России [11].

Такие примеры пополнения эскадры адмирала Г.А. Спиридова волонтерами-греками и греческими вооруженными судами не были единичны. Эти патристические проявления со стороны греков носили, по сути, массовый характер.

Прочно закрепившись в Средиземном море, русская эскадра развернула активные боевые действия на морских коммуникациях противника. Более значительными корабельными силами ад-

мирал Спиридов организовал блокаду Дарданелл, провел довольно крупные морские операции против турецких береговых объектов и появившихся корабельных сил врага, стремясь своими боевыми успехами, боевой активностью поднять греков и других балканских народов на борьбу с угнетателями.

Следует отметить, что адмирал Г.А. Спиридов постоянно получал подкрепления из Кронштадта. Корабельный состав его эскадры увеличивался, экипажи судов наращивали боевой опыт, это хорошо знало турецкое морское командование, поэтому даже и не пыталось вернуть себе морское господство в регионе.

Османская Порта располагала на театре военных действий в Средиземноморье многочисленными и достаточно подготовленными сухопутными силами, неплохо организованной береговой обороной, что, в конечном счете, затруднило дальнейшие десантные операции русского флота.

К 1773 г. здоровье адмирала Г. Спиридова расстроилось окончательно. В июне он подал графу Орлову рапорт об отставке с просьбой ходатайствовать перед императрицей об увольнении его со службы по болезни. Граф А. Орлов, всегда с большим уважением и вниманием относившийся к адмиралу Г. Спиридову, постоянно прислушивался к его советам и рекомендациям, ценил адмирала, опирался на его знания и богатый флотский опыт, был вынужден поддержать просьбу адмирала, видя истинное состояние здоровья флотоводца, который провел вдаль от Родины, своих родных и близких свыше четырех лет.

В ноябре 1773 г. последовал высочайший указ, которым адмирал Г.А. Спиридов с почетом был уволен со службы. Григорию Андреевичу «за многолетнюю беспорочную службу и исключительные заслуги» указом Екатерины II было оставлено полное жалование его чина.

На место командующего эскадрой был назначен вице-адмирал Андрей Васильевич Елманов, который находился в составе эскадры с 3 сентября 1769 г. Именно А. Елманов и завершил многие дела, задуманные и начатые адмиралом Г. Спиридовым. Он успешно командовал эскадрой в последние полгода войны и без потерь в 1775 г. привел ее из Средиземного на рейд Кронштадта.

Прибыв на Родину, адмирал Спиридов чувствовал себя неважно, но, несмотря на болезни, приобретенные за многие годы тяжелой флотской службы, прожил, в славе и почете, окруженный любящими его людьми, еще 17 лет и скончался в Москве в 1790 г.

Адмирал Г.А. Спиридов имел четырех сыновей. Трое из них длительное время честно и верно служили России, так же как и их героический отец. Дума-

ется, что именно поэтому они достигли известности, высоких чинов и значительных государственных должностей, признания и заслуженно вошли в историю русского государства.

В оценке личности адмирала Григория Андреевича Спиридова, видимо, нужно исходить из общей оценки 1-й Архипелагской экспедиции, данной императрицей Екатериной II. Так, в документе Адмиралтейств-коллегии от 21 октября 1775 г., составленного графом И.Г. Чернышевым, говорится, что «возвращение всего флота Ея Императорское Величество порадовало» и «что она <императрица> посылку флота своего в Архипелаг, преславное его там бытие и счастливое возвращение в свои порты за наиболее лучшее происшествие государственного своего почитать изволит» [12].

Тем не менее флотоводческая деятельность адмирала Г.А. Спиридова, его роль в истории русского государства, русского императорского флота, еще ждут полного, всестороннего освещения. О нем хорошо знают лишь специалисты и те, кто интересуется историей русского флота, а ведь его имя вписано золотыми буквами славы навечно в историю русского государства, его военного флота.

Русский военно-морской флот, его победы, несомненно, сыграли важную роль в судьбе Эллады. Неслучайно в Греции чтят славные дела русских моряков, имена тех русских флотоводцев, которые своими победами способствовали свержению турецкого ига, обретению Грецией государственной независимости, и среди них нельзя забывать имя адмирала Григория Андреевича Спиридова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Военно-морской словарь. – М.: Воениздат, 1990. – С. 29–30, 402–403.
2. Русский биографический словарь. – СПб., 1909, с. 247.
3. Флот Российской империи. – СПб., 1996, с. 70–71.
4. Балтийский флот. Три века на службе Отечеству. – СПб.: 2002. – С.53.
5. Морские сражения русского флота. – М.: Воениздат, 1994. – С.95–97; 121.
6. Флот Российской империи. – СПб., 1996, С.74–80.
7. РГАВМФ. Ф.1343. Оп.23. Д.7028. Л.3–4.
8. РГАВМФ. Ф.1331. Оп.1. Д.21. Л.1.
9. Греки в истории флота России. – СПб., 1999, с.35.
10. Общий морской список. – Ч.3. – СПб., 1820, с.29–32.
11. Роль и значение флота России в борьбе за независимость Греции. – СПб.: 2000, С.61.
12. РГАВМФ. Ф.227. Оп.1. Д.37. Л.51–59. ■

Автор представляет статью в электронном виде объемом до 20 000 знаков с распечаткой (1 экз.). Текст набирается в редакторе MS Word под Windows. Иллюстрации, помещенные в статью, должны быть представлены дополнительно в форматах: TIFF CMYK (полноцветные), TIFF GRAYSCALE (полуполноцветные), TIFF BITMAP (штриховые), EPS, JPEG, с разрешением 300 dpi для полутоновых, 600 dpi для штриховых и в размерах, желательных для размещения.

Статья должна содержать реферат объемом до 500 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.

Статьи соискателей и аспирантов принимаются к публикации на бесплатной и безгонорарной основе. Рецензирование этих статей осуществляет редакционная коллегия с привлечением при необходимости профильных специалистов. В случае отказа в публикации автору высылается рецензия.

Содержание журнала ежеквартально представляется на рассмотрение редакционному совету. Решение о выпуске очередного номера оформляется протоколом.

РЕФЕРАТЫ

УДК 629.553:681.585 **Ключевые слова:** ЗАО «Морские навигационные системы», продукция, итоги, навигационно-гидрографическое оборудование, ИМС.

К 20-летию ЗАО «Морские навигационные системы» // Морской вестник. 2001. №3. С. 1.

Знакомит с историей предприятия, его развитием, основной продукцией. Особое внимание уделено перспективным разработкам, реализуемым коллективом в целях освоения Арктического шельфа России. Ил. 4.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** газозов, энергоэффективность, оптимизация

Д.Б. Киселев, В.А. Игнатьев. Пути повышения энергоэффективности судов-газовозов // Морской вестник. 2001. №3. С. 9.

Показаны пути повышения энергетической эффективности судов-газовозов с широким использованием систем автоматизированного проектирования и выполнения конечных элементов расчетов. Ил. 7.

УДК 629.57 **Ключевые слова:** СВП, транспортная перевозка грузов, Крайний Север, эффективность

В.А. Абрамовский, Н.И. Пиваров, Д.Е. Цымляков, А.В. Шляхтенко. Перспективы использования амфибийных судов на воздушной подушке для решения транспортных задач в районах Крайнего Севера // Морской вестник. 2001. №3. С. 13.

Рассмотрены перспективы использования судов и платформ на воздушной подушке (СВП и ПВП) в труднодоступных для традиционных видов транспорта районах приполярной тундры, мелководья и прибрежного шельфа арктических морей. Приведены примеры практического применения ПВП и СВП в нашей стране и за рубежом. Дана краткая характеристика существующих СВП военного назначения как прототипов транспортных средств для решения хозяйственных задач. Изложены технические проблемы, связанные с надёжной эксплуатацией СВП в северных районах. Рассмотрены факторы, определяющие экономическую эффективность СВП и их преимущества перед другими видами транспорта. Ил. 8. Библиогр. 6.

УДК 621.039.533.6 **Ключевые слова:** КБ «Вымпел», проектирование, судно снабжения, водолазный катер, газозов, танкер

В.В. Шаталов, Р.М. Бегишев. Перспективные направления проектирования судов КБ «Вымпел» // Морской вестник. 2001. №3. С. 19.

Знакомит с последними проектами судов, выполненными в КБ «Вымпел», а также совместно с ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, ЦКБ «Балтсудопроект». Приведены примеры таких проектов, технические характеристики проектируемых судов. Ил. 2.

УДК 681.518.54:621.436 **Ключевые слова:** виртуальное конструкторское бюро, 3D-модель, визуализация объекта.

Е.В. Волкова. Виртуальное конструкторское бюро // Морской вестник. 2001. №3. С. 21.

Рассмотрены возможности виртуального конструкторского бюро разработки ООО «Ирисофт», его использования в судостроении. Ил. 6.

УДК 629.12.001 **Ключевые слова:** контейнеро-местимость, рефрижераторные контейнеры, главные размерения, ветробойность, мощность судовой электростанции, опукпаемость, компоновка.

Бородавин Д.И. Проектное обоснование эффективного варианта контейнерозова средней вместимости // Морской вестник. 2001. №3. С. 22.

Показано решение внутренней задачи проектирования специализированных контейнерных судов средней вместимости, способных работать в российских портах. Актуальность проблемы строительства контейнерозов связана с постоянно растущим потоком контейнеризуемых грузов, проходящим через эти порты. На основе данных о специализированных судах, заходящих в порт Санкт-Петербурга были выявлены типовые размерения судов и была предложена поэтапная схема проектирования состоящая из 14 позиций. Предложена новая методика расчета мощности судовой электростанции для обеспечения работы заданного числа рефрижераторных контейнеров, уточнено число Фруда для специализированных контейнерозов, обеспечивающих грузооборот в порту Санкт-Петербурга, усовершенствованы формулы расчета составляющих масс судна поэтапным, предложенных А.И. Гайковичем. Табл. 2. Ил. 7. Библиогр. 10.

УДК [658.5.008.5:629.12] : 338.92 **Ключевые слова:** мировое судостроение, тенденции, выставка «Nor-Shipping 2011».

Е.А. Горин, К.С. Чернов. Современные тенденции в мировом судостроении. По материалам «Nor-Shipping 2011» // Морской вестник. 2001. №3. С. 29.

Знакомит с итогами работы международной выставки «Nor-Shipping 2011», прошедшей в мае 2011 г. в Осло, Норвегия, и тенденции в судостроительной отрасли, которые выявила эта выставка. Табл. 3. Ил. 4.

УДК 629.5.0301.4.002.72 **Ключевые слова:** судовое машиностроение, «Пролетарский завод», модернизация

А.А. Арутюнян, Д.В. Сулов, В.Д. Завирухо. Техническое перевооружение и модернизация производственных мощностей – главное направление развития отечественного судового машиностроения в современных экономических условиях. К 185-летию ОАО «Пролетарский завод» // Морской вестник. 2001. №3. С. 35.

Проанализирован опыт работы ОАО «Пролетарский завод» со дня его основания. Обозначены основные направления перевооружения и модернизации предприятия в соответствии с актуальными задачами, стоящими перед судовым машиностроительным комплексом отечественного судостроения. Предложена имитационная модель, которая позволит успешно модернизировать производство. Ил. 3

УДК: 658.512.2+629.12 **Ключевые слова:** металлоконструкция, оптимизация, алгоритм оптимизации.

А.А. Арутюнян, Д.В. Сулов, В.Д. Завирухо, А.А. Георгиев. Структурно-параметрический синтез пространственных несущих конструкций изделий судового машиностроения с применением генетических алгоритмов и имитационных моделей // Морской вестник. 2001. №3. С. 38.

Рассмотрен системно-методологический подход к оптимизации проектных решений при проектировании несущих металлоконструкций судовых механизмов. Ил. 2. Библиогр. 4.

УДК 621.43 **Ключевые слова:** главный распределительный щит, развитие, электроэнергетическая система

В.С. Коршун. Опыт проектирования и тенденции развития ГРЩ для заказов ВМФ // Морской вестник. 2001. №3. С. 43.

Рассмотрен опыт проектирования интеллектуального ГРЩ с тремя режимами работы судовой ЭЭС: с пульта СУ ЭЭС, автоматизированным с ГРЩ и ручным с ГРЩ. Показаны возможности ГРЩ со встроенной автоматической системой управления, его состав. Обозначены тенденции развития ГРЩ. Ил. 4.

УДК 629.5.06.001:621.643 **Ключевые слова:** двигатель, электропривод, сервопривод

С.П., Андрущук, Ю.Г. Белогорцев, О.Е. Лоцицкий, А.В. Моря, В.А. Гудев. Мехатронный электропривод клапана запорной арматуры на основе двигателя с постоянными магнитами и гладким якорем // Морской вестник. 2001. №3. С. 47.

Знакомит с устройством разработанного образца герметичного погружного электропривода для клапана запорной арматуры на базе бесконтактного синхронного электродвигателя. Табл. 1. Ил. 5. Библиогр. 2.

УДК 621.039.578 **Ключевые слова:** пароводяные струйные аппараты, безбойлерная система теплоснабжения

В.В. Кожемякин, А.В. Лоханов. Расчетно-теоретическое исследование безбойлерной системы теплоснабжения с пароводяными струйными средствами циркуляции // Морской вестник. 2001. №3. С. 49.

В течение отопительного сезона 2002/2003 гг. была проанализирована работа котельной СПбГМУ, получены надежные расчетные зависимости для интегральных коэффициентов теплопередачи от сетевого контура к воздуху помещения и от воздуха помещения к наружному воздуху. Полученные зависимости позволили выполнить подробные расчетно-теоретические исследования системы теплоснабжения с пароводяными струйными аппаратами (ПВСА) применительно к сетевому контуру котельной СПбГМУ.

Исследования подтвердили работоспособность системы теплоснабжения с ПВСА. При этом характер изменения параметров в сетевом контуре с ПВСА и электронасосом одинаков. Ил. 9. Библиогр. 5.

УДК 621.313.33-213.32. **Ключевые слова:** погружной электродвигатель, асинхронный, нефтегазовые скважины, электрохимическая коррозия, протекторы.

Ветохин В.И. Погружной асинхронный электродвигатель открытого исполнения нового поколения типа «АМВ НГС» для нефтегазовых скважин // Морской вестник. 2001. №3. С. 51.

Дается описание нового погружного электродвигателя открытого исполнения для нефтегазовых скважин, работающего на глубине погружения до 3000 м. Ил. 3. Библиогр. 7.

УДК 629.5.024.004.5 **Ключевые слова:** главная энергетическая установка (ГЭУ), газотурбинный двигатель (ГТД), двигатели внутреннего сгорания (ДВС).

В.В. Барановский, Саад Еддин Али. Обоснование выбора главных двигателей для перспективных надводных кораблей // Морской вестник. 2001. №3. С. 56.

При обосновании выбора типа, состава и схемного исполнения ГЭУ возникают проблемы оптимизации ТТХ установки и проверка их совместимости с другими подсистемами корабля (корпус, движительно-рулевой комплекс и т.д.). Знаний ТТХ основных типов ГЭУ (агрегатная мощность, удельная мощность, удельный расход топлива, удельная масса и т.п.) бывает недостаточно при выборе предпочтений. Имеются также другие факторы,

которые должны приниматься во внимание: стоимость создания и содержания кораблей с различными типами ГЭУ, уровень надежности различных двигателей различных типов, спектры скоростей использования кораблей, условия базирования кораблей, степень развития системы судоремонта, состояние отечественной машиностроительной промышленности и др. Все перечисленное требует повышения уровня обоснованности и достоверности принимаемых решений. Табл. 2. Библиогр. 3.

УДК 621.314 **Ключевые слова:** морские тренажеры, тренажер вертолета, беспилотный летательный аппарат, системы безопасности.

Военная электроника производства российской компании «Транзас» – для Вооруженных Сил РФ // Морской вестник. 2001. №3. С. 61. Информативная о визите начальника Генерального штаба ВС РФ Николая Макарова в компанию «Транзас» и его знакомстве с отечественными электронными технологиями военного назначения. Ил. 2.

УДК 629.12.037.21 **Ключевые слова:** ИМС, управление судном, безопасность речных пассажирских и транспортных средств

К.Ю.Шилов, Ю.Н.Черныш. Интегрированная мостиковая система речных пассажирских и транспортных судов // Морской вестник. 2001. №3. С. 62.

ОАО «Концерн «НПО «Аврора» совместно с ЗАО «Транзас» разработали интегрированную мостиковую систему управления (ИМС), объединяющую функции судовождения и оптимального управления судном. Показаны устройства ИМС, ее возможности прежде всего по информационной поддержке безопасного судовождения речных судов в условиях интенсивного судоходства. Ил. 6.

УДК 623.746.07519 **Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, система управления посадкой на судно

С.Н. Шаров, М.С. Дворяшин, Е.С. Петухова. Судовая информационно-управляющая система для посадки беспилотного летательного аппарата // Морской вестник. 2001. №3. С.65.

Рассмотрены возможности системы автоматического и автоматизированного управления посадкой на движущееся судно беспилотного летательного аппарата (БПЛА) с минимальным дополнительным бортовым оборудованием. Исследуются особенности отображения информации на автоматизированном рабочем месте (АРМ) оператора и управления посадкой БПЛА при помощи телевизионного приемного устройства и лазерного дальномера, установленных на судне. Показаны технические пути обеспечения точного приведения БПЛА на посадочное устройство движущегося судна в условиях качки. Ил. 11. Библиогр. 6.

УДК 621.375 **Ключевые слова:** морская связь, цифровые технологии, оборудование, программное реконфигурирование.

И.В. Дулькейт, К.С. Патронов, П.В. Прохоров, В.М. Свицкий. Современные тенденции развития оборудования Глобальной морской системы связи при бедствии (ГМССБ) ПВ/КВ диапазонов // Морской вестник. 2001. №3. С. 73

Рассмотрены основные направления развития оборудования ГМССБ ПВ/КВ в свете требований, предъявляемых к нему со стороны интегрированных мостиковых систем, и возможность их реализации на современном этапе развития техники радиосвязи. Ил. 6. Библиогр. 4.

УДК 629.12.06 : 628.83 **Ключевые слова:** беструбная система вентиляции, лабораторные и натурные эксперименты.

С.Н. Рытков. Применение беструбной вентиляции в машинных помещениях траулщиков // Морской вестник. 2001. №3. С. 77

Рассмотрен вопрос применения беструбной системы вентиляции с использованием разносторонне закорюченных струй. Отказ от трубопроводов дает экономии дорогостоящего немагнитного и мало магнитного металла, снижает затесненность помещения, умень-

шает водоизмещение и гидродинамическое поле корабля. Ил. 5. Библиогр. 8.

УДК 629.553 **Ключевые слова:** пожароопасность, системный анализ, аппарат структурных матриц

А.В. Третьяков, В.А. Колесник. Моделирование развития пожароопасной ситуации в корабельном отсеке на основе методов системного анализа с использованием аппарата структурных матриц // Морской вестник. 2001. №3. С. 81.

Показана возможность применения методов системного анализа с использованием структурных матриц практической оценки пожароопасности в корабельном отсеке и выработки плана борьбы с пожаром. Ил. 9. Библиогр. 9. УДК 061.2(100):629.5050.4(083.74) **Ключевые слова:** рыболовные суда, ИМО, безопасность.

А.Р. Тогунай. Документы ИМО по безопасности рыболовных судов и практика их применения в мировом сообществе // Морской вестник. 2001. №3. С. 87.

Дан обзор документов Международной морской организации (ИМО), содержащих требования и рекомендации по проектированию, постройке и оборудованию рыболовных судов, отмечен вклад РФ в разработку этих документов. Показано состояние работы над новыми документами. Кратко проанализировано практическое применение документов ИМО по безопасности рыболовных судов в мировом сообществе. Ил. 1. Библиогр. 12.

УДК 629.12 **Ключевые слова:** суда внутреннего плавания, суда смешанного река-море плавания, анализ риска, опасности, ущерб, проектирование, надежность.

Г.В. Егоров, А.Г. Егоров. Исследование риска эксплуатации отечественных речных судов // Морской вестник. 2001. №3. С. 93.

Выполнен анализ происшедших с 1991 по 2010 г. аварий с судами внутреннего (СВП) и смешанного река-море плавания (ССП). Всего было обработано 1303 аварийных случаев. Выявлены основные опасности, приведшие как к авариям, так и к катастрофам. Наблюдается устойчивый рост аварийности судов старше 13 лет с пиками аварий для судов возрастом 22–25 лет и 30лет – 33 года. Обеспечение достаточной надежности и безопасности СВП и СПП при сохранении приемлемого уровня экономической эффективности возможно только при системном подходе на всех стадиях жизненного цикла этих судов, включая этапы классификации и требований Правил, проектирования, строительства, эксплуатации, освидетельствования, ремонта и модернизации. Табл. 5. Ил. 7. Библиогр. 19.

УДК 656.6+551.48 **Ключевые слова:** стратегия, навигационно-гидрографическое обеспечение, морская деятельность, приоритеты, инновации

С.П. Алексеев. Инновационное развитие системы навигационно-гидрографического обеспечения – важный фактор реализации стратегии совершенствования морской деятельности Российской Федерации // Морской вестник. 2001. №3. С. 101.

Статья написана по материалам доклада на 7-й Российской научно-технической конференции «Навигация, гидрография и океанография: приоритеты развития и инновации морской деятельности» (НГО-2011, Санкт-Петербург). Рассмотрены обобщенные данные по приоритетам и перспективным направлениям навигационно-гидрографического обеспечения морской деятельности РФ. Табл. 1. Ил. 2.

УДК 539.3:624.073 **Ключевые слова:** пластина, несущая способность, устойчивость, усиление

С.О. Барышников. Влияние усиления пластин на их несущую способность // Морской вестник. 2001. №3. С.107.

Приведено доказательство теоремы: «Критические нагрузки «гладкой» пластины не больше критических нагрузок пластины ступенчато-переменной толщины». Приведен пример расчета критической нагрузки

на трехступенчатую пластину. Ил. 5. Библиогр. 5.

УДК 621.37

Ключевые слова: передаточный плавучий док, ускоренный накат, всеотсечная, отсечная и по-районная откачка основного балласта, диаграмма наката.

В.Ю. Лейзерман. Расчет ускоренного наката судна на передаточный плавучий док // Морской вестник. 2001. №3. С. 110

Представлена разработанная программа расчета реакций опор дока при накате судна, вычерчивающая диаграмма наката графопостроителем. Ил. 2.

УДК 621.57 **Ключевые слова:** «сухой» док, спуск судна, расчет, удифферентовка судна.

В.Ю. Лейзерман. Расчет спуска судна в сухом строительном доке, наливном доке и наливной док-камере при ограниченной глубине воды // Морской вестник. 2001. №3. С. 111

Приведен расчет спуска судна в сухом и наливном доке, а также в док-камере при ограниченных глубинах. Задача решается методом последовательных приближений. Ил.1.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** «ОСК», «Транзас», совместное предприятие.

ОАО «Объединенная судостроительная корпорация» и группа компаний «Транзас» создают совместное предприятие // Морской вестник. 2001. №3. С. 112.

Информация о создании совместного предприятия, соглашение о котором подписали ОАО «Объединенная судостроительная корпорация» и группа компаний «Транзас». Ил. 2. УДК 656.61 (075.8) **Ключевые слова:** соглашение, «Промышленные инвесторы», «Транзас».

Создание стратегического альянса // Морской вестник. 2001. №3. С. 113

О подписании соглашения о вхождении группы «Промышленные инвесторы» в капитал группы компаний «Транзас». Обозначены возможности и перспективы такого слияния. Ил. 1.

УДК 061.43:623.8 **Ключевые слова:** МВМС-2011, «Северная верфь», военная техника, корабли, игои.

ОАО «СЗ «Северная верфь»: Пятый Международный военно-Морской салон – некоторые итоги // Морской вестник. 2001. №3. С. 115.

Знакомит с участием ОАО «СЗ «Северная верфь» в МВМС–2011, его итогами, планами на будущее. Ил. 2.

УДК 061.43:623.8 **Ключевые слова:** ОАО «Судостроительная фирма «Алмаз», МВМС–2011, игои.

ОАО «Судостроительная фирма «Алмаз» на выставке IMDS-2011// Морской вестник. 2001. №3. С. 117.

Кратко освещено участие фирмы в выставке IMDS–2011. Ил. 3.

УДК 061.43:623.8 **Ключевые слова:** МВМС–2011, военная техника, корабли, вооружение.

Пятый Международный военно-морской салон (МВМС–2011) // Морской вестник. 2001. №3. С. 118.

Подведены итоги проведения в Санкт-Петербурге Международного военно-морского салона – 2011. Намечена дата проведения очередного Салона.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** адмирал П.П. Тыртов, биография.

С.П. Сырый. Тринадцатый морской министр императорского флота России адмирал П.П. Тыртов // Морской вестник. 2001. №3. С.124

Знакомит с биографией адмирала П.П. Тыртова и его служением в качестве морского министра императорского флота России. Ил.1.

УДК 629.5 **Ключевые слова:** адмирал Г.П. Спиридов, история Греции.

Ю.Д. Пряхин. Адмирал Григорий Спиридов в истории России и Греции. К 220-летию со дня смерти // Морской вестник. 2001. №3. С. 127

Знакомит с деятельностью адмирала Г.П. Спиридова на благо российского флота и участием флота под его руководством в сражении с турецким флотом при Чесме. Библиогр. 12.

SUMMARIES

To the 20th anniversary of CJSC «Marine navigation systems»

The article is dedicated to the history of the Company, its development, and main products. Particular attention is given to promising developments implemented by team with purpose of development of Arctic shelf of Russia.

DB. Kiselev, VA. Ignatiev. Ways to improve energy efficiency of gas carriers

Article discusses the ways of improving energy efficiency of gas carriers by extensive use of computer-aided design and implementation of finite element calculations.

VA. Abramovsky, NI. Pivovarov, DE. Tsymlyakov, AV. Shlyakhtenko. Prospects for use of amphibious hovercrafts for solving transport problems in the Far North

Article discusses the prospects for use of aircushion vessels and platforms (hovercrafts and aircushion platforms) in hard accessible for traditional modes of transport areas of subarctic tundra, coastal and shallow shelf of Arctic seas. Examples of practical applications of hovercrafts and aircushion platforms in our country and abroad are given. A brief description of the existing military hovercrafts as prototypes of vehicles to meet management objectives is given. The technical problems associated with reliable operation of hovercraft in the northern areas are discussed. The factors determining the cost-efficiency of hovercrafts and advantages thereof over other modes of transport are discussed.

VV. Shatalov, RM. Begishev. Promising directions of ship engineering of Design Bureau «Vympel»

Article introduces the latest projects of ships made by the DB «Vympel», as well as the ones made jointly with the Krylov Shipbuilding Research Institute, and CDB «Baltisudoproekt». The examples of such projects, technical specifications of designed ships are given.

EV. Volkov. Virtual Design Office

Article discusses the possibilities of Virtual Design Office designed by LLC «Irisoft», and its use in shipbuilding.

Borodavin DI. Design Justification of efficient medium-capacity version of the container carrier

Article provides the solution of the internal problem of engineering specialized container ships of medium capacity capable to operate in Russian ports. The relevance of building container carriers is associated with an ever-growing flow of container cargoes passing through these ports. On basis of data on specialized vessels calling at the port of St. Petersburg the typical dimensions of vessels were determined, and a phased scheme of design consisting of 14 items was offered. A new method of calculating the capacity of ship's power plants for a given number of refrigerated containers is proposed; the Froude number for specialized container vessels that provide cargo handling at the port of St. Petersburg is given; the equations for calculation of the components of the weights of the unloaded vessels the proposed by A.I. Gaikovich are updated.

EA. Gorin, KS. Chernov. Current trends in world shipbuilding. Source material «Nor-Shippig 2011»

Article presents results of international exhibition «Nor-Shipping 2011» held on May 2011 in Oslo, Norway, and trends in shipbuilding industry to have been identified during this exhibition. Table 3, Fig. 4.

A. Arutyunyan, D. Suslov, VD. Zavrurkho. Technical upgrading and capacity modernization – is the main direction of development of domestic marine engineering in today's economy. To the 185th anniversary of the OJSC «Proletarskiy Zavod»

Article provides the analysis of the OJSC «Proletarskiy Zavod» experience since its foundation. The article identifies main directions of re-commission and modernization of the enterprise in accordance with the current challenges facing the ship's machine-building complex of the domestic shipbuilding industry. It offers a simulation model that will allow for successful upgrade of production facilities.

AA. Arutyunyan, DV. Suslov, VD. Zavrurkho, AA. Georgiev. The structural and parametric synthesis of spatial bearing structures of marine engineering products using genetic algorithms and simulation models

It discusses the systematic and methodological approach to optimization of design solutions in engineering load-bearing steel structures of ship machinery

VS. Korshun. Experience in design and development trends of main distribution boards (MDB) for Navy orders
Article discusses the experience of designing smart MDB with three modes of ship's EPS operation: using the panel of EPS CS, automatic and manual with MDB. The possibilities of MDB with built-in automatic control system, composition thereof are shown. Article identifies trends of MDB development.

S.P. Andruschuk, J.G. Belogortsev, O.E. Lozitsky, A.V. Moria, VA. Gudev. Mechatronic actuator of shut-off valve on the basis of permanent magnet motor and a smooth anchor

Article introduces the layout of the designed sample of sealed submersible electric shut-off valve on the basis of contact-less synchronous motor.

VV. Kozhemyakin, AV. Lokhanov. Design and theoretical study of boiler-less heating system with steam-water jet circulation

During the heating season of 2002/2003 the work of the boiler SPbGMTU was analyzed, reliable estimated dependencies were obtained for integral coefficients of heat transfer from grid circuit to the air inside and from inside air to outside air. Obtained dependences allowed for performance of detailed design and theoretical study of the heating system with steam-water jet apparatuses (SWJA) for a grid circuit og SPbGMTU boiler.

Studies have confirmed the efficiency of heating systems with SWJA. Moreover, the variation of parameters in the grid circuit with SWJC an electric pump is the same.

Vetokhin VI. Submersible induction motor of open design of new generation type «AMB NHS» for oil and gas wells

Article describes a new submersible open type motor for oil and gas wells operating at a depth up to 3000 m.

VV. Baranowski, Saad Eddin Ali. Justification of choice of main engines for prospective surface ships

In justifying the choice of type, composition and schematic design of main propulsion machinery there are problems of installing and optimizing power facilities and their compatibility with other subsystems of the ship (hull, propulsion complex, etc.) arise. Sometimes it is not enough to know the power facilities of main types of Main Propulsion Machinery (machinery capacity, specific power, specific fuel consumption, specific gravity, etc.) when choosing the preferences. Also there are other factors to be taken into account such as cost of manufacture and maintenance of ships with different types of Main Propulsion Machinery, reliability degree of different types of engines, ships use range of speed, conditions of ships location, level of ships repair system, Condition of domestic machine building industry, and etc. All listed above requires an increase in level of justification and accuracy of decisions taken.

Military electronics produced by Russian Company «Transas» – for the Armed Forces of the Russian Federation

Article provides information on Chief of General Staff of the RF Armed Forces, Nikolai Makarov's visit to «Transas» Company and his getting acquainted with domestic electronic technologies for military purposes.

K.Y. Shilov, YN. Chernish. Integrated Bridging System for river passenger and cargo vessels

OJSC «Concern» NGO «Aurora» together with CJSC «Transas» developed an integrated bridging management system (IMS) that combines the features of navigation and optimal control of the vessel. Article shows the layout of IMC, its capabilities, primarily, for informational support of safe navigation of river vessels in heavy traffic conditions.

S.N. Sharov, MS. Dvoryashin, ES. Petukhova. Ship's information management system for landing unmanned aerial vehicle

Article discusses the possibilities of automatic and automated control of landing of unmanned aerial vehicle (UAV) on a moving ship with a minimum of additional on-board equipment. It studies features of information display on operator's automatic workstation (AWS) and control of UAV landing with a television receiver and a laser range finder mounted on the vessel. Shown are the technical ways of ensuring accurate UAV guiding for landing on a moving ship in pitching.

IV. Dulkeit, KS. Patronov, PV. Prokhorov, VM. Svirsky. Modern trends in development of equipment of the Global Maritime Distress System of (GMDSS) MF/HF bands

Article discusses main directions of development of the MF/HF GMDSS equipment in view of requirements of integrated bridging systems, and possibility of realization thereof at present stage of radio communications technique.

S.N. Rytkov. Application of pipe-less ventilation in engine rooms of minesweepers

Article discusses the issue of pipe-less ventilation system using versatile swirling jets. Refusal of pipelines provides for saving expensive non-magnetic and low magnetic metal, decreasing tightness of premises, reducing drought and hydrodynamic field of ship.

AV. Tretyakov, VA. Kolesnik. Modeling the development of fire hazardous situation in ship's compartment on the basis of systematic analysis methods using the apparatus of the structural matrices

Article shows the possibility of applying systematic analysis using structural matrices of practical assessment of fire hazard in the ship's compartment and development of firefighting plan.

A.R. Togunjas. IMO Documents on safety of fishing vessels and practical application thereof in the world community

Article reviews the documents of International Maritime Organization (IMO) containing the requirements and recommendations for design, construction and equipment of fishing vessels; it notes the contribution of Russia in development of these documents. It shows the status of work on new documents. It briefly analyzes the practical application of IMO documents on safety of fishing vessels in the world community.

GV. Egorov, AG. Egorov. Investigation of risk of national sea vessels operation

Article provides a study of crushes crashes of inland (IW) and combined sea-river (S-R) ships for a period of 1991 to 2010. A total of 1303 emergency cases were processed. The basic dangers that lead to accidents as well as to disasters were identified. There is evident of steady growth of ships in distress aged over 13 with peaks of accidents in ships aged 22-25 years and 30 years - 33 years. It is possible to provide an adequate safety and security of IW and SR ships maintaining an acceptable level of economic efficiency only using a systematic approach at all stages of the life cycle of these ships, including the stages of classification and requirements of Regulations, design, construction, operation, surveys, repairs and upgrades.

SP. Alekseev. Innovative development of navigation and hydrographic support - an important factor in implementation of strategy to improve maritime activities of the Russian Federation

This article has been written based on the report of the 7th Russian Scientific Conference «Navigation, Hydrography and Oceanography: priorities of development and innovation of maritime activities» (NGO-2011, St. Petersburg). It discusses summarized data on priorities and prospective directions of navigation and hydrographic support of maritime activities of the Russian Federation.

SO. Baryshnikov. Reinforcement plates influence on bearing capacity thereof

Article gives a proof of theorem: «Critical loads of «smooth» plate are not greater than critical loads of staged plate of variable thickness». An example of calculation of critical loads on a three-stage plate is given.

VY. Leyzerman. The calculation of the accelerated run-up of vessel to the transient floating dock

Article gives the developed program for calculation of dock supports' reactions in vessel's run-up, plotter made graph for the run-up.

VY. Leyzerman. The calculation of launching the vessel in dry construction dock, wet dock and wet dock-chamber with a limited water depth

Article provides the calculation of launching the vessel in the dry and wet dock, as well as in the docking chamber at limited depths. The problem is solved by successive approximations.

JSC «United Shipbuilding Corporation» and a group of companies «Transas» form a joint venture

Article gives information about a joint venture agreement to have been signed by OJSC «United Shipbuilding Corporation» and a group of companies «Transas».

Creating a strategic alliance

On signing of an agreement on «Industrial Investors» Group joining in the capital of group of companies «Transas». Possibilities and prospects of such merger are identified.

JSC «SZ 'Severnaya Verf'»: Fifth International Maritime Defense Show - some results

Article tells about the participation of JSC «SZ 'Severnaya Verf'» in the IMDS-2011, its results and plans for the future.

JSC «Shipbuilding Company «Almaz» in exhibition IMDS-2011

Article briefly tells about company's participation at IMDS-2011.

Fifth International Maritime Defence Show (IMDS-2011)

Article summarizes results of holding in St. Petersburg, the International Maritime Defence Show - 2011. The date for the next Show is announced.

SP. Siry. Thirteen marine minister of the Imperial Russian Navy, Admiral P.P. Tyrtov

Article tells the biography of Admiral, P.P. Tyrtov and his service as the Imperial Russian Navy Minister.

YD. Pryakhin. Admiral Gregory Spiridov in the history of Russia and Greece. To the 220th anniversary of the death

Article introduces the activity of Admiral, G.P. Spiridov for the benefit of the Russian Navy and the participation of fleet under his leadership in battle with the Turkish fleet at Cesme.