



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РФ
КОНЦЕРН МОРСКОЕ ПОДВОДНОЕ ОРУЖИЕ
ГИДРОПРИБОР
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

3 (40) 2018

ПОДВОДНОЕ МОРСКОЕ ОРУЖИЕ

ПОДВОДНОЕ МОРСКОЕ ОРУЖИЕ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

3 (40)
2018



Издается с 2003 г.

Санкт-Петербург – 2018 г.



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РФ
КОНЦЕРН МОРСКОЕ ПОДВОДНОЕ ОРУЖИЕ
ГИДРОПРИБОР
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

ПОДВОДНОЕ МОРСКОЕ ОРУЖИЕ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

3 (40)
2018



Издается с 2003 г.

Санкт-Петербург – 2018 г.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА – ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

ТРУШЕНКОВ Вячеслав Васильевич – д-р воен. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заместитель генерального директора по науке АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор»

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

ПУГАЧЕВ Сергей Иванович – д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, главный научный сотрудник АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор»

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

СУДАРЧИКОВ Виталий Алексеевич – канд. воен. наук, начальник центра организационно-методического и научно-технического сопровождения АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор»

РЕДАКЦИЯ

Редактор РОМАНОВА Надежда Сергеевна АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор»

КОМПЬЮТЕРНЫЙ ДИЗАЙН, ГРАФИКА И ВЕРСТКА

ЖЕЛНОВАЧ Лариса Леонидовна АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор»

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

АНТОНОВ Владимир Николаевич – начальник отделения – начальник отдела – главный конструктор направления АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор»

ВИШИНСКИЙ Борис Сигизмундович – начальник отдела АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор»

ГОЛОВАНОВА Марина Валерьевна – к.т.н., ведущий научный сотрудник АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор»

ДМИТРИЧЕНКО Владимир Петрович – к.т.н., начальник отделения – начальник отдела – главный конструктор АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор»

КАБАНОВ Александр Иванович – к.т.н., заместитель генерального директора – руководитель направления минного оружия и противоминного оружия АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор»

КАТКОВ Виктор Александрович – начальник отдела АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор»

КРАСИЛЬНИКОВ Роман Валентинович – к.т.н., главный научный сотрудник АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор»

КРИНСКИЙ Александр Юрьевич – начальник отдела – главный конструктор АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор»

КУЗЬМИН Александр Степанович – к.т.н., главный специалист АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор»

ЛЕВ Ион Гиршевич – к.т.н., старший научный сотрудник АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор»

МАРТЫНОВ Виктор Леонидович – д.т.н., профессор, ГУМРФ им. С.О. Макарова

МАТВИЕНКО Сергей Альбертович – заместитель генерального директора по персоналу АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор»

МИХАЙЛОВ Владимир Аркадьевич – д.т.н., профессор, главный научный сотрудник АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор»

НЕКИПЕЛОВ Юрий Анатольевич – канд. воен. наук, ведущий специалист АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор»

НИСНЕВИЧ Михаил Залманович – к.т.н., главный конструктор АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор»

НУРЕТДИНОВ Альберт Гайнетзянович – заместитель генерального директора по развитию АО «Завод «Двигатель»

ПОГУДИН Константин Германович – к.т.н., ученый секретарь АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор»

ПОЛЕНИН Владимир Иванович – д-р воен. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры боевого применения морского подводного оружия ВУНЦ ВМФ «ВМА им. Кузнецова»

ПОПОВ Андрей Николаевич – д-р воен. наук, профессор, ведущий науч. сотрудник АО «ГНИ НГИ»

ПОТАПОВ Владимир Иванович – д-р воен. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники, профессор кафедры тактики (ВМФ) ВУНЦ ВМФ «ВМА им. Кузнецова»

ПУЧНИН Владимир Васильевич – д-р воен. наук, профессор, профессор кафедры оперативного искусства (ВМФ) ВУНЦ ВМФ «ВМА им. Кузнецова»

РАМАЗАНОВ Магомед Алиханович – д.т.н., начальник сектора АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор»

РЕПИН Александр Анатольевич – канд. воен. наук, ведущий специалист АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор»

САВЕНКОВ Георгий Георгиевич – д.т.н., профессор СПб ГТИ (ТУ)

ФИЛИМОНОВ Анатолий Константинович – д.т.н., профессор СПб ГМТУ

На страницах сборника публикуются аналитические материалы по актуальным научно-техническим вопросам, проблемного и дискуссионного характера, обзорные статьи и методические разработки по развитию морского подводного оружия (МПО). Раскрываются проблемные вопросы и анализируются возможности АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор» по созданию новых образцов МПО.

В сборнике «Подводное морское оружие» публикуются основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Ответственность за достоверность информации, точность фактов, цифр и цитат несут авторы.

При перепечатке сведений ссылка на сборник «Подводное морское оружие» обязательна.

Статьи, поступающие в редакцию рецензируются.

Материалы, опубликованные в настоящем сборнике, не могут быть полностью или частично воспроизведены, тиражированы и распространены без письменного разрешения редакции.

РУБРИКИ

Новости. Информация, которая представляет политический, социальный или экономический интерес для читателей, то есть сообщения о событиях, произошедших недавно или происходящих в данный момент.

Применение сил (войск) в мирное и военное время. Освещаются вопросы применения сил (войск) ВМФ при решении различных задач в мирное и военное время

Носители морского подводного оружия. Освещаются вопросы применения и возможности перспективных проектов надводных кораблей, подводных лодок, самолетов, вертолетов, специальных судов – носителей морского подводного оружия.

Минное и противоминное оружие. Раскрываются проблемные вопросы создания, проектирования и боевого применения минного и противоминного оружия, применения новых технологий при создании образцов минного и противоминного оружия. Анализируются возможности Концерна по созданию новых образцов минного оружия и современных тралов.

Торпедное оружие и системы противодействия. Раскрываются проблемные вопросы создания, проектирования и боевого применения торпедного оружия, применения новых технологий при создании образцов торпедного оружия, средств гидроакустического противодействия гидроакустическим системам наблюдения, обнаружения и целеуказания. Анализируются возможности Концерна по созданию новых образцов торпедного оружия.

Необитаемые подводные аппараты и платформы морского назначения. Раскрываются проблемные вопросы создания и проектирования необитаемых подводных аппаратов (НПА) различного назначения, применение новых подходов и технологий при создании НПА и их боевого применения. Анализируются возможности Концерна по созданию новейших образцов НПА.

Комплексы и системы. Раскрываются проблемные вопросы создания комплексов и систем вооружения, гидроакустики, систем управления движением торпед, вопросы автоматизации, оценки эффективности и боевого применения морского подводного оружия.

Подходы и методы. Раскрываются проблемные вопросы, методология и подходы к оценке эффективности минно-торпедного оружия, НПА и средств ведения подводной войны.

Тренажеры и тренажерные комплексы. Освещаются проблемы создания, эксплуатации, ремонта, испытаний, модернизации, диагностики образцов подводного морского оружия. Раскрываются проблемные вопросы эксплуатации, ремонта и модернизации тренажеров и тренажерных комплексов, полигонов для испытания морского подводного оружия.

Экономика и финансы. Раскрываются проблемные вопросы финансирования и создания в новых экономических условиях образцов подводного морского оружия, стоимостные характеристики подводного морского оружия, методологические подходы и оценки стоимости и эффективности минного и торпедного оружия.

Исторические события и даты. Публикуются статьи из истории создания подводного морского оружия, поздравления с юбилеями заслуженных работников предприятия, деятелей науки и техники, отделов и служб, пожелания по улучшению работы редакционного совета сборника.

Конференции, симпозиумы, маркетинг, выставки, реклама. Публикуются выступления и дискуссии, информация о прошедших и планируемых выставках вооружения, реклама вооружений.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Общие положения

1. Критериями работ, принимаемых для публикации в сборнике, являются актуальность, новизна материала и его ценность в теоретическом и/или прикладном аспектах. Принимаются материалы, которые еще не были опубликованы в других периодических изданиях.

2. Для публикации в сборнике к статье должно прилагаться сопроводительное письмо – направление от организации (отдела, сектора), экспертное заключение о допустимости публикации материала статьи в открытой печати и фотография автора (авторов) размером 4 x 6,5 см или в электронном виде. В конце статьи в соответствии с требованиями ВАК должны быть собственноручные подписи всех авторов, полностью указаны фамилия, имя, отчество, точный почтовый адрес, телефон, ученая степень, звание, в том числе почетное и воинское, место работы, должность.

3. Редакция обеспечивает экспертную оценку (рецензирование) рукописей, привлекаемая для этого независимых рецензентов. На основании рецензии и заключения Редакционного совета рукопись принимается к печати, отклоняется или высылается автору на доработку.

4. Редакция оставляет за собой право публиковать принятые к печати статьи в том номере и в той последовательности, которые представляются оптимальными для сборника.

Оформление рукописи

Текст статьи представляется в печатном виде с подписями авторов на обратной стороне последнего листа и электронном виде на CD-RW в редакторе Microsoft Word на странице стандартного размера А4 (210*297), поля: верхнее, нижнее – 40 мм; левое, правое – 30 мм; аннотация, иллюстрации, рисунки и библиография включаются в общее число страниц статьи (не более 10 – 15).

Первая строка – УДК – 10pt, выравнивание по левому краю, без отступа. (УДК присваивается по месту работы или обучения в соответствии с рубрикатором).

Отступ 1 интервал – инициалы и фамилия автора (прописными буквами) в именительном падеже (или авторов в принятой ими последовательности), ученое звание, ученая степень – перед ФИО (шрифт Times New Roman, размер шрифта 10pt, курсив, выравнивание – по правому краю). Ниже – должность, название организации, город.

Заголовок статьи печатается, отступив 1 интервал от ФИО; шрифт Times New Roman, размер шрифта 11pt, междустрочный интервал – одинарный, жирный шрифт, выравнивание – по центру.

Аннотация статьи печатается, отступив 1 интервал от названия статьи, по объему не более 10 строк и отражает основное содержание статьи, шрифт Times New Roman, размер шрифта 8pt, междустрочный интервал – одинарный, отступ 7 см, выравнивание по ширине.

Подзаголовки статьи печатаются, отступив 1 интервал сверху и снизу, шрифт Times New Roman, размер шрифта 11pt, междустрочный интервал – одинарный, прописные буквы, жирный шрифт, курсив, выравнивание – по центру.

Таблицы и рисунки, используемые в статье должны быть созданы в распространенных форматах. Рисунки и таблицы необходимо располагать по тексту в соответствии с ГОСТ 7.32-2001. Размер шрифта подрисуночного текста – 10pt. Наименование таблицы – 11pt.

Уравнения и формулы должны быть набраны в Microsoft Equation (часть стандартной поставки MS Word). Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не умещается в одну строку, то оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знаков плюс (+), минус (–), умножения (x), деления (:) или других математических знаков, причем знак в начале следующей строки повторяют. При переносе формулы на знаке, символизирующем операцию умножения, применяют знак «x».

Пояснение значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в которой они даны в формуле.

Формулы в статье следует нумеровать порядковой нумерацией в пределах всей статьи арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке.

При наборе формул кегль должен соответствовать кеглю 11 основного текста; индексы, показатели степеней – кеглю 6.

Основной текст печатается, отступив 1 интервал от аннотации, шрифт Times New Roman, размер шрифта 11pt. Отступ 1 см, межстрочный интервал одинарный, выравнивание по ширине. Сокращенные названия должны быть расшифрованы, ссылки на литературу – в квадратных скобках [1]. Список цитируемой литературы составляется по порядку ссылок в тексте. Список входит в общее число страниц. Слово «ЛИТЕРАТУРА» печатается прописными буквами, отступив 1 интервал от последней строки основного текста статьи, шрифт Times New Roman, размер шрифта 9pt, междустрочный интервал – одинарный, выравнивание по центру.

Список оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

Статья должна быть тщательно выверена. В статьях должна быть использована система единиц СИ.

Авторский гонорар и оплата труда по рецензированию рукописей не предусмотрены.

Рукописи авторам не возвращаются.

Корректур авторам не высылаются.

Авторам высылается 1 экземпляр сборника (открытого)

ОТ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ !

Перед Вами очередной выпуск научно-технического сборника «Подводное морское оружие». Наш сборник является платформой для освещения и обсуждения идей, взглядов и проблем разработки, создания и применения морского подводного оружия. Наш подход к формированию публикаций базируется на широком вовлечении ученых, аспирантов, специалистов предприятий, организаций, ВУЗов, которые в той или иной мере занимаются проблемами ВМФ, проблемами морского подводного оружия.

**Принимается Ваша реклама
для размещения в нашем сборнике
Телефон для справок: 8 (812) 542-26-59**



АО «КОРПОРАЦИЯ «ТАКТИЧЕСКОЕ РАКЕТНОЕ ВООРУЖЕНИЕ»



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РФ
КОНЦЕРН МОРСКОЕ ПОДВОДНОЕ ОРУЖИЕ
ГИДРОПРИБОР
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор» -
головное предприятие отрасли по разработке и производству
морского подводного оружия и подводно-технических средств
специального назначения



АО «Завод «Двигатель»»
г. Санкт-Петербург



АО «НИИ мортеплотехники»
г. Ломоносов



АО «Верхнеуфалейский
завод «Уралэлемент»»
г. Верхний Уфалей



АО «Электротяга»
г. Санкт-Петербург



АО «Завод «Дагдизель»»
г. Каспийск



Оружие и вооружение, разработанное АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор», отличаются высокой эффективностью, доступной стоимостью, повышенной надежностью, простотой эксплуатации и боевого применения



РОССИЯ, 194044, Санкт-Петербург,
Б. Сампсониевский пр., 24
Телефон: (812) 541-85-62,
Факс: (812) 541-86-46,
E-mail: info@gidropribor.ru

СОДЕРЖАНИЕ

НОВОСТИ

Информационное сообщение о рабочей встрече губернатора Санкт-Петербурга с руководством АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор».....	11
ПРИМЕНЕНИЕ СИЛ (ВОЙСК) В МИРНОЕ И ВОЕННОЕ ВРЕМЯ	
Попов А.Н., Пучнин В.В., Трушенков В.В. О мобилизационной подготовке и мобилизации в Российской Федерации в сфере морской деятельности	13
НОСИТЕЛИ МОРСКОГО ПОДВОДНОГО ОРУЖИЯ	
Ещенко Я.В. Анализ опыта подготовки и ведения морских десантных операций в годы Великой Отечественной войны (1941–1945).....	18
ТОРПЕДНОЕ ОРУЖИЕ И СИСТЕМЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ	
Кузнецов Р.А., Алексеев А.И. Из истории создания телеуправляемых фугасов в России.....	29
Кириянов О.В., Рамазанов М.А. Модернизация устройства ввода курса и бортовой сети запуска приборов управления МПО.....	33
Минаков А.Ю., Никитченко С.Н. Модель боевого применения торпед, оснащенных лазерной системой обнаружения кильватерного следа цели	38
НЕОБИТАЕМЫЕ ПОДВОДНЫЕ АППАРАТЫ И ПЛАТФОРМЫ МОРСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ	
Новосёлова А.А., Рамазанов М.А., Трушина Н.В. Комплексирование разнородных измерений навигационных систем подводных аппаратов в сложных сигнально-помеховых ситуациях	43
Боженков Ю.А., Зайцев А.Д. Гибридные энергоустановки автономных необитаемых подводных аппаратов.....	49
КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ	
Мартынов В.Л., Фатеев А.А., Голосной А.С. Способ мониторинга морской среды с использованием оптоволоконной линии	60
Мартынов В.Л., Некипелов Ю.А., Репин А.А., Сударчиков В.А. Способ увеличения дальности подводного видения телевизионными системами морских робототехнических комплексов.....	65
ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ	
Алиев Ш.Г. Асимптотический взгляд на интеграл Шварца-Кристоффеля в задачах конформных отображений	78
Блохин В.В., Рикконен Н.М., Е.А. Шаронов, Г.А. Яковлев Разработка и применение покрытия из молибдена для узлов трения тепловых торпед	87
Кузнецов Р.А., Алексеев А.И. Электромагнитные исследования и их использование в военных целях.....	100
ЭКОНОМИКА И ФИНАНСЫ	
Терюхов В.Е., Михеева И.В. Актуальность и практика решения отдельных проблем управления рисками.....	112
ИСТОРИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ И ДАТЫ	
Группа САПР ОКБ «Дагдизель» и коллектив АО «Концерн «МПО-Гидроприбор». Юбилей ученого	121
Колобков С.С. О руководителях нашего предприятия.....	122
АННОТАЦИИ СТАТЕЙ	134

Уважаемый Шамиль Гимбатович!

Академик, представитель Санкт-Петербургской школы военного кораблестроения, генеральный конструктор САПР противолодочного оружия, лауреат Премии комитета оборонных отраслей промышленности РФ, доктор технических наук, выдающийся специалист в области военной техники и вооружении ВМФ, профессор прикладной математики и вычислительной техники, заслуженный деятель науки и техники России, лауреат Золотых медалей Келдыша, Циолковского, Бармина – Вы являетесь членом диссертационного совета нашего Концерна, автором многих фундаментальных исследований, основоположником теории аналитического проектирования подводного оружия, руководителем проекта и соавтором первой в мире малой энциклопедии по торпедному оружию.

Ваши исключительные заслуги в создании морского подводного оружия не раз отмечены высокими государственными наградами.

В знаменательный день Вашего рождения руководство и коллектив АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор» желают Вам крепкого здоровья, больших творческих успехов в Вашей работе, личного счастья, семейного благополучия, долгих лет жизни и плодотворной деятельности по укреплению обороноспособности России.

Генеральный директор
АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»



В.В. Патрушев

УДК 623.9

**ИНФОРМАЦИОННОЕ СООБЩЕНИЕ О РАБОЧЕЙ ВСТРЕЧЕ
ГУБЕРНАТОРА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА С РУКОВОДСТВОМ
АО «КОНЦЕРН «МОРСКОЕ ПОДВОДНОЕ ОРУЖИЕ – ГИДРОПРИБОР»**

Рабочая встреча губернатора Санкт-Петербурга с руководством АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор».

Губернатор Санкт-Петербурга Георгий Полтавченко посетил АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор». Совместно с генеральным директором организации Владимиром Патрушевым и генеральным директором АО «Завод «Двигатель» Борисом Калмыковым Губернатор осмотрел производственные цеха,

сборочные площадки, участок гидравлических испытаний, где ознакомился с производством и испытательными лабораториями морского подводного оружия, посетил Музей морского подводного оружия, находящийся на территории Концерна.



Губернатор Санкт-Петербурга Георгий Полтавченко, Владимир Патрушев, Борис Калмыков осматривают цех завода «Двигатель»

После обхода территории было проведено рабочее совещание с руководством Концерна, которое открыл генеральный директор Владимир Патрушев. Были обсуждены результаты деятельности Кон-

церна за последние 3 года, в том числе в рамках выполнения Федеральной целевой программы развития оборонно-промышленного комплекса.



Рабочее совещание с руководством Концерна

Заместитель генерального директора по персоналу Сергей Матвиенко выступил с докладом по вопросам кадровой политики Концерна, в котором отметил, что делается для повышения престижа инженерных и рабочих профессий, привлечения молодых кадров.

Заместитель генерального директора по внешнеэкономической деятельности Петр Сухопаров изложил вопросы военнотехнического сотрудничества Концерна.

Заместитель генерального директора по финансово-экономической деятельности Александр Добычин рассказал, что часть прибыли предприятия направляется на инновационную деятельность Концерна, на перспективные разработки, в том числе в рамках конверсии.

Заместитель генерального директора по капитальному строительству корпоративных объектов Дмитрий Сребролюбов доложил о ходе выполнения плана строительства объектов Концерна и рассказал о грядущих перспективах.

Заместители генерального директора по основным направлениям деятельности Концерна осветили вопросы перспективно-

го развития образцов морского подводного оружия на предприятии.

Итогом совещания стало выступление губернатора, в котором он отметил, что с момента его последнего посещения АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор» за короткий срок удалось решить многие проблемы, связанные с созданием морского подводного оружия, постройкой и модернизацией цехов предприятия и оснащением их современным оборудованием. Данные шаги позволяют Концерну в будущем выпускать продукцию, которая по своим характеристикам сможет превосходить зарубежные аналоги.

Губернатор также подчеркнул, что Концерн активно включился в программу импортозамещения для обеспечения Гособоронзаказа РФ, ведет собственные научные исследования для создания новых и перспективных образцов морского подводного оружия.

В заключение губернатор города Санкт-Петербурга Георгий Полтавченко поблагодарил руководство Концерна и пожелал дальнейших успехов.

УДК 623.95

*Д-ра воен. наук А.Н. ПОПОВ, В.В. ПУЧНИН,
В.В. ТРУШЕНКОВ***О МОБИЛИЗАЦИОННОЙ ПОДГОТОВКЕ И МОБИЛИЗАЦИИ В
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В СФЕРЕ МОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

В статье рассмотрен необходимый комплекс мероприятий мобилизационной подготовки и мобилизации, применительно к субъектам морской деятельности, которые необходимо выполнить заблаговременно в мирный период и в период непосредственной угрозы агрессии.

В настоящее время правовое регулирование в области мобилизационной подготовки и мобилизации в Российской Федерации осуществляется Федеральным законом № 31-ФЗ от 26 февраля 1997 года «О мобилизационной подготовке и мобилизации в Российской Федерации» с изменениями и дополнениями, внесенными Федеральными законами. Положения федерального закона применительно к субъектам морской деятельности, особенно затрагивающие использование морских судов различных форм собственности и деятельность в этой области судовладельцев, имеют существенные законодательные пробелы. Они относятся в первую очередь к размытости и недостаточной определенности в организации и управлении при решении задачи мобилизации (призыва) для нужд Военно-морского флота морских транспортных, промысловых и специальных судов различных форм собственности, специально для этого подготовленных и дооборудованных, в необходимом для ВМФ количестве. Кроме того, исполнение мобилизационных обязанностей и мобилизационная подготовка в области морской деятельности отличаются определенными существенными особенностями от исполнения аналогичных обязанностей на берегу.

К основным из этих особенностей относятся:

1. Для исполнения военно-транспортной обязанности следует учитывать то обстоятельство, что мобилизуемые суда в

период непосредственной угрозы агрессии могут оказаться далеко за пределами нашей страны, за пределами прилегающих морей, в океане или даже в иностранных портах, включая порты недружественных государств.

2. Возвращение отзываемых судов может происходить как в период непосредственной угрозы агрессии, так и в ходе военных действий. Поэтому экипажи судов и сами суда следует заблаговременно готовить к выполнению мобилизационных мероприятий в полном объеме, а также к действиям в условиях военного времени (плавание в составе конвоев, использование специальных фарватеров, выполнение минно-тральных действий, плавание при неработающих космических навигационных системах и т.д.).

3. Выполнение мобилизационных заданий большинством кораблестроительных предприятий и портовыми объектами морской инфраструктуры, расположенными на побережье морей, будет очень затруднено с началом военных действий из-за уязвимости от ударов противника с морских и океанских направлений, в том числе системами высокоточного оружия.

Вышесказанное заставляет заблаговременно выполнять весь необходимый комплекс мероприятий мобилизационной подготовки и мобилизации применительно к субъектам морской деятельности в мирный период и в период непосредственной угрозы агрессии.

Мировая практика показывает, что ни один флот мира не может решить все стоящие перед ним задачи в большой войне только силами штатного состава боевых кораблей. В случае войны и при острой необходимости в состав военно-морских сил или военно-морского флота всех ведущих морских держав включались гражданские суда. Они использовались либо по прямому назначению, либо в качестве военных транспортов, либо превращались после вооружения в боевые корабли. Россия и Советский Союз не были в этом отношении исключением.

Невозможно переоценить вклад, который внесли в Победу в Великой Отечественной войне мобилизованные суда. Недавние мирные «торгаши», «рыбаки» и даже заурядные «трамвайчики» пригородного пассажирского сообщения действовали на разных морских и речных театрах. Качественным отличием мобилизационной подготовки гражданского флота в 1950–1980-е годы от предвоенного периода следует считать предъявление тактико-технических требований, отражающих интересы обороны, ещё на стадии проектирования гражданских судов с тем, чтобы максимально (но с учетом экономической обоснованности) оптимизировать мероприятия по их «военизации». Причем это касалось продукции как отечественных, так и, в ряде случаев, зарубежных верфей. Еще одним важным моментом стало создание кораблей двойного назначения, применяемых как в народном хозяйстве, так и в ВМФ. В мобилизационных вариантах судов особое внимание уделялось возможности их применения в качестве тральщиков, поскольку, несмотря на многочисленность минно-тральных кораблей специальной постройки в ВМФ СССР, большая война потребовала бы ратного увеличения их количества. Для этого, по опыту Великой Отечественной войны, подходили, прежде всего, рыболовные суда. Были разработаны мобилизационные проекты морского тральщика на базе до-

вольно крупного среднего рефрижераторного траулера типа «Баренцево море» (проект 1332), базовых – на базе малого рефрижераторного траулера типа «Балтика» (проект 1328) и сейнера типа РС-300, рейдовых – на базе малого рыболовного сейнера типа «Нельма» (проект 1338), среднего черноморского сейнера типа СЧС-150, сейнера типа РС-150 и т.д.

Поскольку специальные минные заградители в СССР не создавались (за исключением трех минно-сетевых заградителей типа «Сухона» проекта 317), в качестве таковых в особый период предполагалось использовать переоборудованные ледокольные транспорты проекта 550 и строившиеся в ГДР на верфи «Нептун» сухогрузы типа «Андижан». В интересах наращивания и восполнения боевых потерь противолодочных и патрульных сил охраны водных районов ВМФ мог получить переоборудованные в малые противолодочные корабли средние морозильные рыболовные траулеры и рефрижераторные сейнеры-траулеры. Малые противолодочные корабли на базе рыболовных судов получали упрощенные комплекты вооружения – 25 мм спаренный автомат 2МЗМ, два однотрубных торпедных аппарата (406 или 533 мм), три реактивных бомбометных установки РБУ-1200 и бомбосбрасыватели для глубинных бомб.

В современных условиях с появлением новых образцов вооружения для поиска и уничтожения мин, торпедного и минного оружия, сложных систем управления силами требуется в значительной степени пересмотреть существующие и разработать новые программы перевооружения и подготовки мобилизационно призываемых судов. Особое внимание следует обратить на минно-тральные силы. Проблема подготовки и переоборудования судов значительно усложнилась с переходом большей части судов из государственной формы собственности в другие. Задача, однако, никуда не делась и требует своего эффективного решения. Современный спо-

соб поиска и уничтожения мин «Охота на мины» осуществляется с применением гидролокационных средств. Он, как правило, используется при поиске и уничтожении донных мин.

В борьбе с якорными минами он многократно уступает по эффективности контактному тралению. Якорные мины представляют собой основную опасность для сил флота, так как районы их применения простираются до глубин в 3500 м, а основные образцы донных мин могут применяться против кораблей в районах с глубинами до 50 м. Против подводных лодок, идущих на глубине, донные мины могут ставиться и в районах с глубинами до 120 м.

Эффективным средством борьбы с якорными минами были и остаются контактные тралы. Как показал военный опыт, контактные тралы достаточно эффективно могут применяться мобилизуемыми судами. Существующая нехватка тральщиков может быть частично скомпенсирована и сейчас за счет мобилизационного резерва. Так, анализ корабельного состава Северного, Тихоокеанского, Балтийского и Черноморского флотов, а также Каспийской флотилии, с учетом их развития в соответствии с реализуемой в настоящее время Государственной программой вооружения на период 2018–2027 годов (ГПВ-2027), для условий решения задач на минимально-достаточном уровне (не ниже 0,7 решения боевых и обеспечивающих задач) показал, что для ВМФ требуются:

А. Корабли первой очереди:

- морские тральщики – 64 ед.;
- базовые тральщики – 142 ед.;
- рейдовые тральщики – 80 ед.;
- минные заградители – 39 ед.

Б. Корабли и суда второй очереди:

- патрульные сторожевые корабли – 88 ед.;
- танкеры водоизмещением до 20 тыс. т – 19 ед.;
- транспорты вооружения (для перевозки ракет, торпед, мин) – 7 ед.

В. Корабли и суда третьей очереди:

- универсальные десантные корабли (удк) – 4 ед.;
- десантно-вертолетные корабли-доки (двкд) – 2 ед.;
- десантно-транспортные суда (дтс) – 9 ед.;
- десантно-высадочные средства (двс) – 84 ед.;
- вспомогательные суда (ледокольные, буксирные, спасательные, водолазные, пожарные, плавпричалы) – 109 ед.

В настоящее время в составе минно-тральных корабельных сил находятся 13 морских тральщиков, 25 базовых и 16 рейдовых тральщиков. К 2025 году флот должен получить до 10 новых базовых тральщиков проекта 12700. Все остальные силы могут быть восполнены за счет мобилизуемых судов, получивших необходимое вооружение. В первую очередь эти корабли будут готовиться к контактному тралению. Возможно также вооружение их робототехническим комплексом с модулем контактного траления. Масштабы и содержание работ, связанных с выполнением задач мобилизационного обеспечения, требуют заблаговременной тщательной подготовки и проработки ряда типовых программ вооружения и подготовки судов. (Стоимость вооружения мобилизационно призываемых судов минно-тральных сил и минных заградителей может составить по приблизительным оценкам порядка 30 млрд. руб.).

Исторический опыт мобилизационного обеспечения отечественного Военно-Морского Флота и зарубежных военно-морских сил показывает, что с наименьшими затратами и сроками переоборудования для ВМФ в настоящее время пригодны следующие суда гражданского флота:

1. Для переоборудования в минно-тральные корабли (морские, базовые и рейдовые тральщики) – большие, средние и малые морские промысловые суда соответственно.

2. Для переоборудования в патрульные сторожевые (противолодочные) ко-

рабли – крупные и большие морские промысловые суда, рыбоохранные и буксирные суда.

3. Для переоборудования в минные заградители – автомобильные и железнодорожные паромы, сухогрузные суда типа Ро-Ро, морские крупные и большие промысловые суда.

4. Для переоборудования в универсальные десантные корабли и десантно-вертолетные корабли-доки – контейнеровозы и лихтеровозы водоизмещением не менее 30 тыс. т.

5. Для переоборудования в десантно-транспортные суда – паромы, суда типа Ро-Ро (ролкеры), лихтеровозы, контейнеровозы, морские грузопассажирские суда.

6. Для переоборудования в десантно-высадочные средства – пассажирские суда на подводных крыльях и на воздушной подушке, самоходные баржи.

7. Для переоборудования в транспорты вооружения – суда для перевозки тяжеловесных грузов и лесовозы, с собственными средствами погрузки и выгрузки.

8. Во вспомогательные суда – ледоколы, буксиры, спасательные, водолазные и пожарные суда, плавпричалы.

Расчеты показывают, что общая стоимость постройки призываемых по мобилизации гражданских судов из указанного перечня для нужд Военно-Морского Флота может составить в сегодняшних ценах около **650 млрд. руб.**, а с учетом стоимости вооружения и переоборудования – почти **700 млрд. руб.**. Следует подчеркнуть, что если исключить призыв для нужд ВМФ гражданских судов, то стоимость постройки требуемых военных кораблей в указанном выше составе будет составлять более **3-х трлн. руб.**

Правоприменительная практика основных зарубежных стран показывает, что в них государство по мобилизационной статье субсидирует судовладельцев и судостроительные компании на уровне от 20 до 55% строительной стоимости судна. Пред-

ставляется целесообразным, используя данный опыт, осуществлять субсидирование строительства указанных выше типов мобилизационных судов (представляет Министерство Обороны (ВМФ) Российской Федерации), на уровне 20% стоимости постройки судна. Тогда объем бюджетных ассигнований Государственных программ по мобилизационному обеспечению морской деятельности Российской Федерации составит **126,9 млрд. руб.**, а с учетом стоимости вооружения и переоборудования (49,6 млрд. руб.) – **176,5 млрд. руб.**

Указанные размеры бюджетных ассигнований для мобилизационного обеспечения морской деятельности Российской Федерации целесообразно распределять по времени и важности строительства мобилизуемых судов. Приоритет должен принадлежать гражданским судам, которые замещают **корабли первой очереди**: морские тральщики – большие промысловые суда (64 ед.), базовые тральщики – средние промысловые суда (142 ед.), рейдовые тральщики – малые промысловые суда (80 ед.) и минные заградители – автомобильные и железнодорожные паромы, суда типа Ро-Ро (39 ед.). Стоимость постройки указанных судов составляет **370,5 млрд. руб.** (со стоимостью ВВТ и переоборудования – **396,2 млрд. руб.**). При этом государственные бюджетные расходы при финансировании 20% стоимости постройки с учетом вооружения составят около **100 млрд. руб.**

Таким же образом осуществляется финансирование кораблей второй и третьей очереди.

При этом бюджетные средства на федеральную целевую программу (ФЦП) по мобилизационному обеспечению морской деятельности целесообразно распределить по времени следующим образом:

1. ФЦП по мобилизационному обеспечению кораблей первой очереди на период 2020–2023 гг. – 99,8 млрд. руб.

2. ФЦП по мобилизационному обеспечению кораблей второй очереди на период 2024–2026 гг. – 43,9 млрд. руб.

3. ФЦП по мобилизационному обеспечению кораблей третьей очереди на период 2027–2028 гг. – 32,9 млрд. руб.

ВЫВОДЫ

Таким образом, в современных условиях рыночной экономики далеко не все вопросы мобилизационной подготовки и мобилизации решены в необходимом объеме и соответствуют современным требованиям. Ряд положений федерального закона от 26 февраля 1997 г. № 31-ФЗ «О мобилизационной подготовке и мобилизации в Российской Федерации» устарели,

имеют существенные законодательные пробелы, требуют изменений и дополнений.

Весь необходимый комплекс мероприятий мобилизационной подготовки и мобилизации, применительно к субъектам морской деятельности, необходимо выполнять заблаговременно в мирный период и в период непосредственной угрозы агрессии. Следует выполнить целый ряд мероприятий по мобилизационной подготовке сил, в значительной степени пересмотреть существующие и разработать новые программы перевооружения и подготовки мобилизационно призываемых судов. Особое внимание следует обратить на минно-тральные силы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цветков И.Ф. Организационно-мобилизационные органы и организационные структуры ВМФ России 1695-1945гг. – СПб.: ЦКП ВМФ МО РФ, 2000.

2. Сидоренков В.В. Противоминный роботизированный комплекс с модулем контактного траления, созданный на базе автономного необитаемого аппарата // Подводное морское оружие. 2017. Вып. № 4 (35).

АНАЛИЗ ОПЫТА ПОДГОТОВКИ И ВЕДЕНИЯ МОРСКИХ ДЕСАНТНЫХ ОПЕРАЦИЙ В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ (1941–1945)

В статье проанализирован опыт подготовки и ведения морских десантных операций в годы Великой Отечественной войны. Сформулированы выводы, которые необходимо учитывать при подготовке и ведении морских десантных операций в современных условиях.

Основными видами военных действий флотов во Второй мировой войне следует признать борьбу на морских сообщениях, направленную на подрыв военно-экономического потенциала противников и на защиту своих морских перевозок, а также получившие небывалый до этого размах морские десантные операции [1].

На протяжении всей Великой Отечественной войны Советские Вооруженные Силы вели активные морские десантные действия. Первую морскую десантную операцию (МДО) провели североморцы, это произошло уже 6 июля 1941 года [2].

В ходе оборонительных и наступательных операций на приморских направлениях Советский флот, используя боевые корабли и малопригодные для десантирования войск суда, высадил морские десанты общей численностью более 250 тыс. человек с техникой и вооружением, что составляет примерно 30 дивизий войск. В среднем флот каждые две недели высаживал один десант. В то же время флот активными действиями не позволил немцам высадить ни одного крупного десанта на наше побережье, хотя они располагали десантными кораблями специальной постройки и имели опыт успешного проведения таких операций на Западно-Европейском театре [1].

В советской историографии всю Великую Отечественную войну по коренным изменениям в военно-полити-

ческой обстановке принято делить на три основных периода, в соответствии с которыми менялся и характер морских десантных действий [3].

Первый период (22 июня 1941 г. – 18 ноября 1942 г.) характеризовался вынужденным отступлением и преимущественно оборонительными действиями Красной Армии, срывом гитлеровского плана «молниеносной войны» и созданием условий для коренного перелома в ходе войны в пользу Советского Союза.

Целью десантных операций этого периода было замедлить темп наступления противника, создать условия частям Красной Армии для организованного перехода к обороне.

Впервые в мировой практике морские десанты высаживала обороняющаяся сторона.

Второй период (19 ноября 1942 г. – конец 1943 г.) характеризовался переходом Советских Вооруженных Сил к активным оборонительным и наступательным действиям, в ходе которых Красная Армия нанесла несколько сокрушительных поражений противнику.

Основной целью десантных операций второго периода войны было содействие частям Красной Армии в прорыве обороны противника и ликвидации отдельных его группировок, действующих на приморских направлениях.

В десантных операциях второго периода войны, в сравнении с первым, было улучшено взаимодействие между подразделениями десанта, между де-

сантными войсками и поддерживавшими их авиацией, береговой и корабельной артиллерией. Началось формирование и боевое слаживание соединений и частей морской пехоты.

Третий период (январь 1944 г. – 9 мая 1945 г.) характеризовался наступлением Красной Армии на всех фронтах. В ходе него сначала была освобождена территория СССР, затем страны Восточной и Центральной Европы, театр войны перенесен на территорию Германии. Война окончилась захватом Берлина и безоговорочной капитуляцией фашистской Германии. Война СССР против милитаристской Японии (9 августа – 2 сентября 1945 г.) закончилась разгромом японской Квантунской армии на Дальнем Востоке, что ускорило ее капитуляцию.

Целью большей части десантов третьего периода войны являлся захват морских портов противника и лишение его возможности производить эвакуацию водным путем.

За годы Великой Отечественной войны флотами и флотилиями ВМФ СССР, без учета мелких десантов с разведывательными, диверсионными и др. целями, было высажено 110 десантов, (см. таблицу) [4], из них 11 большинство исследователей относят к десантным операциям: Керченско-Феодосийскую (25 декабря 1941 г. – 2 января 1942 г.), Южно-Озерейскую (2–15 февраля 1943 г.), Новороссийскую (9–16 сентября 1943 г.), Таманскую (24–27 сентября 1943 г.), Керченско-Эльтигенскую (31 октября–11 декабря 1943 г.), Тулоксинскую (23–27 июня 1944 г.), Лане-Мехикоормскую (15–19 августа 1944 г.), Аккерманскую (21–23 августа 1944 г.), Монзундскую (27 сентября–24 ноября 1944 г.), Сейсинскую (13–16 августа 1945 г.) и Курильскую (18 августа–1 сентября 1945 г.).

В состав оперативных десантов входило от трех до семи дивизий общей численностью до 40–80 тысяч человек [3].

Таблица – Количество десантов, высаженных Советскими флотами и флотилиями в годы Великой Отечественной войны

Флоты и флотилии	Годы высадки					Всего
	1941	1942	1943	1944	1945	
Северный флот	3	3	1	5	-	12
Краснознаменный Балтийский флот	14	2	-	6	1	23
Черноморский флот	2	3	4	4	-	13
Тихоокеанский флот и Северная Тихоокеанская флотилия	-	-	-	-	7	7
Краснознаменная Ладожская флотилия	5	-	-	1	-	6
Онежская флотилия	-	-	-	2	-	2
Волжская флотилия	-	1	-	-	-	1
Краснознаменная Каспийская флотилия	1	-	-	-	-	1
Краснознаменная Днепровская флотилия	2	-	-	7	-	9
Азовская флотилия	-	-	6	2	-	8
Краснознаменная Дунайская флотилия	2	-	-	14	5	21
Краснознаменная Амурская флотилия	-	-	-	-	7	7
Всего	29	9	11	41	20	110

ПРЕДВОЕННЫЕ ВЗГЛЯДЫ В ВОЕННО-МОРСКОМ ФЛОТЕ СССР НА ВЫСАДКУ МОРСКИХ ДЕСАНТОВ

На основании анализа событий Первой мировой войны, в частности опыта неудачной Дарданелльской десантной операции (19 февраля 1915 г. – 09 января 1916 г.), зарубежные военные теоретики пришли к выводу о том, что в условиях бурного развития авиации и возросшей подвижности войск успешное проведение морских десантных операций маловероятно. На основании этого в ведущих морских державах теория морских десантных действий была разработана слабо, специальных сил и средств не было. Исключением была только Япония. Положительный опыт высадки морских десантов в Японско-Китайской войне (1937) был положен в основу совместной подготовки сухопутных войск, авиации и флота.

Царская Россия, наоборот, имела положительный опыт высадки морских десантов в Первую мировую войну. Вооруженные Силы Советского Союза в Гражданской войне также успешно высаживали морские десанты. Советские военные теоретики относили морские десантные действия к наиболее активной форме содействия сухопутным войскам, действующим на приморских направлениях.

Итогом кропотливой работы специалистов Главного Морского штаба ВМФ, ведущих ученых Военно-морской академии по вопросам подготовки и ведения десантных операций, стала разработка отдельной главы «Десантные операции» Боевого устава Военно-морских сил РККА 1930 года (БУ-30) [5]. Ни одно другое государство мира в то время не имело разработанной теории десантной операции.

Важную роль в развитии теории десантных операций в 30-е годы сыграл труд И.С. Исакова (в то время начальника штаба Морских Сил Балтийского

морья) «Десантная операция», изданный в 1934 году [6].

В пришедшем на смену БУ-30 Временном Боевом уставе Морских Сил РККА 1937 года (БУМС-37) излагались основы и давались рекомендации по обходу фланга противника тактическим десантом [7].

В вышедшем в 1940 году временном «Наставлении по ведению морских операций» (НМО-40) в главе 8 «Десантные операции» излагались основные положения по подготовке и ведению морских десантных операций.

Согласно данному Наставлению, сущность **морской десантной операции** определялась как маневр сухопутных сил через море с целью воздействия на фланг, войсковой или глубокий тыл противника или с целью перенесения войны на территорию противника [8].

По масштабу и значению десанты классифицировались как стратегические, оперативные, тактические, а также диверсионные.

Далее излагались цели десантных операций; состав десантов; оперативное построение сил; рекомендации по выбору времени и места высадки десанта; организации командования и управления в операции; мероприятия по видам обеспечения; перечень основных документов, разрабатываемых при подготовке десантной операции.

Для содействия успеху десантной операции предполагалась высадка вспомогательного десанта, к которому относился подводный или воздушный десант.

Таким образом, можно полагать, что с введением в действие НМО-40 на официальном уровне была закреплена «морская десантная операция» как форма оперативного применения межвидовых группировок сил (войск).

Боевой опыт высадки морских десантов, накопленный в первый и второй периоды войны, был тщательно проана-

лизирован командованием и специалистами армии и флота и обобщен в изданном в 1943 году Наставлении по совместным действиям сухопутных войск с Военно-Морским Флотом и военными речными флотилиями [9].

В целом можно заключить, что предвоенные руководящие документы являлись достаточной теоретической базой для подготовки и проведения десантных операций различного масштаба. Рассмотрим их содержание более подробно.

ПОДГОТОВКА МОРСКИХ ДЕСАНТНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Как известно, качество подготовки операции, боевых действий, боя во многом зависит от времени, имеющегося на подготовку. Анализ данных, представленных в [10], [4] показал, что наиболее полная подготовка десантных операций периода Великой Отечественной войны осуществлялась при наличии не менее 10 суток на подготовку. Положительными примерами являются Керченско-Феодосийская и Керченско-Эльтигенская морские десантные операции, на подготовку к которым выделялось 11 и 20 суток соответственно, в то время как на Сейсинскую и Моонзундскую десантные операции только по 2 суток. В руководящих документах нормативы на подготовку к десантной операции отсутствовали, а отводимые сроки диктовались складывающейся обстановкой на фронтах.

Исходя из анализа, представленного в [10], [11], методика подготовки морской десантной операции в общем случае незначительно отличалась от современной и включала в себя:

- уяснение задачи;
- оценку обстановки;
- определение предварительного замысла;
- завершение принятия решения;

– постановку задач силам (войскам);

– планирование морской десантной операции.

Во время уяснения задачи командующий войсками и силами в МДО прежде всего определял цель операции, ее роль, место и влияние на достижение поставленных целей, а также ориентировочный состав десантируемых войск.

Оценка обстановки включала оценку противника, оценку своих сил, оценку действий соседей, всестороннюю оценку района операции.

После уяснения задачи и оценки обстановки командующий намечал **предварительный замысел**. Замыслы командующих отличались большим разнообразием и зависели от цели операции, сильных и слабых сторон противника и наших сил (войск), физико-географических условий местности.

В ряде случаев замыслы предусматривали высадку воздушных и демонстративных десантов.

В ходе войны были уточнены взгляды на выбор оперативного момента высадки десантов. Момент высадки стал планироваться с учетом действий группировки сухопутных войск, как правило, на второй–третий день наступления после наметившегося успеха сухопутных сил [10]. Такие десанты действовали более эффективно и с меньшими потерями.

Переход десантных сил к месту высадки планировался обычно на ночное время, с расчетом произвести высадку на рассвете. Исключением являлись десанты Северного флота во время полярного дня и десанты Краснознаменного Балтийского флота во время белых ночей. В такой обстановке широко применялись мероприятия оперативной маскировки - одиночные переходы кораблей при сохранении обычного режима плавания кораблей в районе пере-

хода, маскировка одиночно движущихся кораблей под фон местности, применение дымовых завес, переход кораблей в условиях плохой видимости.

На основе уяснения задачи, оценки обстановки и предварительного замысла командующий принимал **решение**. Решение на десантную операцию, как правило, принималось армейским и флотским командованием совместно. Были случаи, когда командующие фронтами принимали решение самостоятельно. Первоначально принятое командующим Закавказским фронтом без участия командующего Черноморским флотом решение на Керченско-Феодосийскую десантную операцию не учитывало ни обстановку, ни возможности флота. Это привело к ведению излишней переписки и в конечном счете к корректировке принятого решения.

С принятием решения штаб фронта (флота) совместно со штабом флота (фронта) и представителями оперативных объединений и соединений авиации приступали к **планированию операции**.

Планирование применения авиации осуществлялось совместно со штабами ВВС флота и воздушной армии фронта.

Морские десантные операции первого и второго периодов войны на этапы не делились – НМО-40 их не предусматривало. Реально, этапы имели место, но в планирующих документах это не отражалось, что отрицательно сказывалось на управлении и переподчинении сил и войск в ходе операции.

Только в 1943 году в Наставлении по совместным действиям сухопутных войск с военно-морским флотом и речными военными флотилиями на основе появившегося практического опыта, появляется деление операции на этапы:

- подготовка к десантной операции;
- посадка десанта;

- переход десанта морем;
- бой за высадку и высадка;
- решение десантом задачи на берегу;
- свертывание десантной операции или перегруппировка для последующей операции [9].

Постановка задач силам (войскам) осуществлялась оперативными директивами, боевыми приказами и боевыми распоряжениями. Они, как правило, носили локальный характер, были конкретными и не имели двоякого толкования. Как пример могут служить Директива командующего войсками Закавказского фронта № 01696/оп от 12.12.1941 на проведение Керченско-Феодосийской десантной операции; Боевой приказ № 1/Оп от 22.06.1944 Командующего Днепровской Военной Флотилией командиру 1 бригады речных кораблей на действия в интересах частей Красной Армии; Частная оперативная директива Командующего войсками первого Белорусского фронта № 00477/оп от 12.06.1944 Командующему Днепровской военной флотилией на поддержку наступления войск 48 и 65 армий.

ОРГАНИЗАЦИЯ КОМАНДОВАНИЯ СИЛАМИ И ВОЙСКАМИ В МДО

Важное значение при проведении МДО имел правильно определенный порядок подчинения, командования в операции, который непосредственно мог влиять на ее результативность.

В соответствии с НМО-40 в общем случае в МДО предполагалась следующая структура командования:

- командир сил высадки, подчиненный непосредственно командующему силам в операции;
- командир войск десанта, с момента получения приказа о посадке подчиняющийся командиру сил высадки; он сходит на берег вслед за первым эшеленом десанта и выходит из подчи-

нения командира сил высадки с окончанием боя за высадку;

- командир сил поддержки, объединяющий под своим командованием маневренное соединение, сформированное для огневой поддержки войск десанта; подчинен на все время операции командиру сил высадки;

- командир сил охранения, объединяющий под своим командованием все силы, выделенные для непосредственного охранения десантного отряда на переходе морем и в районе высадки, организует охрану водного района высадки и командует ею до свертывания операции, подчинен на все время операции командиру сил высадки;

- командир отряда транспортов, подчинен непосредственно командиру сил высадки на все время операции;

- командир отряда высадочных средств, подчинен непосредственно командиру высадки на все время операции, одновременно является командиром высадочной партии;

- командир сил прикрытия, подчиненный непосредственно командующему силами и войсками в операции [2].

Командующим силами и войсками в МДО обычно назначался командующий войсками приморского фронта (армии) или командующий флотом (флотилией). В тех случаях, когда командующим десантной операцией являлся общевойсковой начальник, флотский начальник являлся его помощником по морской части, как того и требовала ст. 244 НМО-40. Однако, на флотах были свои особенности.

Северный флот высадку десантов проводил своими силами, что снимало вопрос о единстве командования. На Балтике и Черном море дела обстояли иначе, прежде всего из-за участия в десантных операциях соединений и частей различных видов вооруженных сил.

На Балтике, как правило, операцией командовало несколько лиц, а само понятие «командующий десантной операцией» в документах на операцию зачастую отсутствовало [10]. Действиями на суше руководили сухопутные начальники, действиями на море – морские начальники, руководство действиями авиации вышестоящее командование оставляло за собой. По такой схеме была определена организация командования в Моонзундской десантной операции 1944 года.

В большинстве десантных операций Черноморского флота единства командования также достигнуто не было. Все это приводило к нечеткой организации взаимодействия, невозможности быстрой реакции на изменения обстановки, к уменьшению степени ответственности должностных лиц в операции.

Немаловажным вопросом организации командования в десантной операции являлся вопрос подчинения командира десанта командиру сил высадки. Цель десантной операции достигалась выполнением задачи десантом на берегу, а командир десанта выходил из подчинения командира сил высадки после схода на берег и переходил в подчинение общевойскового начальника. То есть, конечный результат десантной операции зависел от общевойскового начальника, не подчиненного командующему силами (войсками) в десантной операции.

ОРГАНИЗАЦИЯ ВСЕСТОРОННЕГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В МДО

Всесторонне обеспечение в десантной операции организовывалось с целью создания благоприятных условий для действий наших сил и затруднения действий силам противника, обеспечения высокой боеготовности, боеспособности и боевой устойчивости сил при выполнении ими поставленных задач.

Обеспечение осуществлялось в соответствии с решением командующего силами и войсками в операции и его заместителя по морской (сухопутной) части. Мероприятия по видам обеспечения оформлялись в планах по видам обеспечения, которые являлись частью плана десантной операции.

Видами всестороннего обеспечения десантных операций являлись: оперативное, специальное и материально-техническое.

Видами оперативного обеспечения в десантных операциях являлись оперативная разведка, оперативная маскировка, притивовоздушная, противокатерная, противоминная, противолодочная оборона, инженерное обеспечение и охранение [10].

Оперативная разведка организовывалась штабом фронта (флота). Получение разведывательных данных в полном объеме было возможно только совместными усилиями разведывательных органов всех видов вооруженных сил, участвовавших в операции. Распределение задач с учетом возможностей разведки каждого вида вооруженных сил обеспечивало получение необходимого объема информации о противнике.

Каждому этапу десантной операции соответствовали свои задачи оперативной разведки.

Усилия **оперативной маскировки** сосредоточивались на достижении внезапности в десантной операции. Цели оперативной маскировки определялись для каждого этапа операции с учетом конкретных условий обстановки. Планами оперативной маскировки в различных десантных операциях предусматривались следующие мероприятия: сохранение обычного оперативного режима в районе проведения операции при ее подготовке, проведение значительной части мероприятий подготовки в ночное время, переход кораблей вбли-

зи берега, маскируясь под фон местности, сохранение обычного режима радиопереговоров в пунктах базирования с началом десантной операции, высадка ложных и демонстративных десантов, применение дымовых завес, высадка десантов без авиационной и артиллерийской подготовки и другие.

Возможности сил флотов по осуществлению **противоминной обороны** были ограниченными. Только в Керченско-Эльтигенской десантной операции из состава 2-го и 1-го десантных отрядов на переходе морем у мыса Панагия затонули подорвавшиеся на минах два катера, на которых погибло 215 десантников. В 3-й группе высадки подорвались на минах и затонули три катера и речной тральщик, погибло 218 десантников [10].

Специальные виды обеспечения – навигационно-гидрографическое и гидрометеорологическое (метеорологическое) – имели важное значение в обеспечении десантных операций.

Особо следует отметить важность гидрометеорологического (метеорологического) обеспечения. Пренебрежение данными о погоде во время проведения десантных операций приводило к потере во время штормов маломореходных судов, буксируемых несамоходных ДВС, а в некоторых случаях и с десанниками на борту. Например, в Керченско-Феодосийской десантной операции при переходе десантных отрядов из состава кораблей Азовской военной флотилии из-за шторма были потеряны 13 сейнеров, 73 байды и почти все шлюпки с десантниками [10].

При осуществлении **материально-технического обеспечения** десантных операций силы флота отвечали за организацию и защиту морского подвоза, а обеспечение сухопутных частей было возложено на тылы фронта и армий. Ввиду того, что десанты высаживались без транспортных средств, все запа-

сы материальных средств десантники несли на себе. Это ограничивало обеспечение десанта выдачей 2–3 сутодач сухого пайка и 1,5–2 боекомплектов. Снабжение десанта после высадки зависело от наличия свободных транспортов и судов, а также от состояния погоды.

ВЕДЕНИЕ МОРСКИХ ДЕСАНТНЫХ ОПЕРАЦИЙ

ПОСАДКА ДЕСАНТА

Посадка войск и погрузка техники проводились, как правило, в нескольких пунктах, в портах или со специально оборудованных пристаней. Погрузка техники производилась в последовательности, обратной порядку выгрузки на берег в районе высадки. Для выполнения плана посадки войск и погрузки техники, соблюдения сроков посадки назначался комендант пункта посадки.

Сосредоточение войск десанта в пунктах посадки обычно производилась ночью с соблюдением мер маскировки. В дневное время войска и ДТС прикрывались истребительной авиацией. Проводимые мероприятия позволяли посадку войск и погрузку техники осуществить скрытно и без противодействия со стороны противника.

Формирование десантных отрядов производилось на рейде. Время высадки десанта являлось определяющим моментом при расчете времени выхода ДТС из пунктов посадки.

При использовании в операции демонстративных десантных отрядов, в целях введения в заблуждение разведки и ударных сил противника, их выход в море планировался до выхода реальных десантных отрядов, которые следовали впереди или в стороне от них.

ПЕРЕХОД ДЕСАНТА МОРЕМ

Переход морем силы высадки могли совершать совместно или раздельно в зависимости от условий морского театра. При длительных перехо-

дах силы высадки совершали совместный переход, а в стесненных условиях местности и незначительной продолжительности перехода – раздельно. Для согласования действий назначались контрольные рубежи.

Несвоевременное прибытие сил высадки в район высадки приводило к нарушению порядка огневого поражения противодесантной обороны противника. Отсутствие связи между командирами сил высадки и командирами отрядов кораблей огневой поддержки не позволяло своевременно реагировать на непредвиденные изменения обстановки.

Были случаи возвращения ДТС в пункты посадки без высадки десанта. Главной причиной этого была потеря управления ввиду отсутствия надежной связи как между десантными отрядами, так и между десантными отрядами и командующим операцией.

Случаев встреч десантных отрядов с морским противником на переходе морем не было, за исключением неудачных атак немецких торпедных катеров СКР «Шквал» в районе Утриш-Анапа в период проведения Таманской десантной операции в сентябре 1943 года и японской подводной лодки миноносца «Войков» и самоходной баржи № 3 на подходах к Сейсину в ходе проведения Сейсинской десантной операции в августе 1945 года.

Случаи воздушных атак десантных отрядов на переходе морем в темное время суток также не отмечались [10].

Опыт проведения ВМФ СССР всех десантных операций в Великой Отечественной войне показал, что сравнительно малая угроза десантным отрядам со стороны противника значительно упрощала решение задач их прикрытия и непосредственного охранения. Поэтому переход десантных отрядов морем в ряде случаев осуществлялся без фактического выделения специальных

отрядов прикрытия, хотя последнее и планировалось [11].

БОЙ ЗА ВЫСАДКУ И ВЫСАДКА

Наиболее ответственным этапом десантной операции являлся бой за высадку. Началом боя за высадку было тактическое развертывание сил высадки для построения боевого порядка.

Успех высадки десанта во многом зависел от успеха прорыва противодесантной обороны противника, которая имела очаговый характер. Исходя из этого высадка десантов планировалась на широком фронте в нескольких районах высадки.

Задача подавления противодесантной обороны решалась во время артиллерийской и авиационной подготовки, но в целях достижения внезапности могла и не проводиться. Артиллерийская подготовка могла проводиться как корабельной артиллерией, так и береговой. Нередко привлекались артиллерия и танки десантных войск.

Особенностью Новороссийской десантной операции было применение против укрепленных береговых объектов противника торпедного оружия, что в определенной степени ослабило противодесантную оборону противника и облегчило высадку десанта [10].

В зависимости от условий района высадки и привлекаемых ДТС и ДВС, высадка могла осуществляться способом «берег–берег», «берег–корабль–берег» или комбинированным способом. Наиболее высоких темпов высадки можно было достичь первым способом, не предусматривающим пересадку с ДТС на ДВС, но из-за отсутствия на флотах десантных кораблей специальной постройки он мог применяться только в случае перевозки войск десанта небольшими катерами, малая осадка которых позволяла максимально близко подойти к берегу.

Важную роль в бое за высадку играла морская пехота. В годы Великой Отечественной войны морская пехота непременно входила в состав всех оперативных морских десантов и успешно действовала в качестве передового отряда, решая самую ответственную и сложную задачу в бою за высадку – захват плацдарма в пунктах высадки и обеспечение высадки основных войск десанта [12].

Бой за высадку завершался захватом плацдарма высадки, что обычно являлось ближайшей задачей войск на берегу, и принятием управления войсками командиром десанта с командного пункта на захваченной территории.

РЕШЕНИЕ ДЕСАНТОМ ЗАДАЧИ НА БЕРЕГУ

Одной из важных задач корабельных сил в десантной операции являлось создание перевеса сил в районе действий десанта с момента его высадки и до решения главной задачи на берегу. В этот момент эффект внезапности уже утрачивал свое действие и десантные войска встречали наибольшее сопротивление противника и несли наибольшие потери.

С момента занятия плацдарма и закрепления на нем главных сил десантные войска вели наступательные действия. В случае перевеса сил противника переходили к активной обороне захваченной территории и накоплению сил за счет вступления в бой последующих эшелонов.

Во многом результативность действий десантных войск зависела от успешных наступательных действий сухопутных войск с фронта. В Южно-Озерейской десантной операции в феврале 1943 г. войскам десанта успеха добиться не удалось, так как сухопутные войска не смогли с фронта прорвать оборону противника. Десантная операция заканчивалась выходом десантных войск на рубеж, предусмотренный пла-

ном, полным овладением портом, островом или выполнением других задач.

ВЫВОДЫ

1. Основные теоретические положения МДО были разработаны в 20-х и 30-х годах XX века и нашли свое отражение в главном оперативно-тактическом руководящем документе советского ВМФ периода Великой Отечественной войны – НМО-40.

2. Обобщив положительные и отрицательные стороны, повлиявшие на конечный результат МДО, проведенных советским ВМФ в годы Великой Отечественной войны, можно вычленить основные элементы и правила подготовки и ведения МДО, оказавшие решающее влияние на ее исход:

- подготовка МДО должна вестись единым штабом командующего силами (войсками) в операции, включающим в себя офицеров-операторов сухопутных войск, военно-воздушных и военно-морских сил;

- все оперативно-тактические расчеты должны производиться исходя из назначенного времени высадки передового отряда десанта, а планы – иметь

возможность быстрой корректировки в случае изменения этого времени;

- непрерывность управления, связи, взаимодействия;

- порядок посадки войск должен быть обратным порядку высадки;

- приспособленность ДТС и ДВС к использованию в МДО;

- рассредоточенность материальных средств по ДТС;

- правильный выбор оперативного времени высадки морского десанта;

- достижение внезапности высадки за счет скрытной ее подготовки, скрытной посадки, скрытного перехода морем;

- в передовом отряде должны действовать подразделения морской пехоты, специально для этого подготовленные;

- темп наращивания десантных войск на берегу должен быть выше темпа наращивания войск в противодесантной обороне противника.

3. Значительная часть выявленных элементов и правил не утратила своего значения в современных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боевой устав Военно-Морских Сил РККА. / Народный комиссариат по военным и морским делам. – М.–Л.: Гос. изд-во. Отд. воен. литературы, 1930.
2. Временный Боевой устав морских сил РККА: БУ МС 37 / Упр. Морских сил РККА – М.–Л.: Гос. воен. изд-во Наркомата Обороны Союза ССР, 1937.
3. Временное наставление по ведению морских операций / СССР. Военные уставы и наставления. Гл. мор. штаб ВМФ СССР. – М.–Л.: Госвоенмориздат, 1940.
4. Горшков С.Г. Морская мощь государства. Изд. 3-е, исправленное. – СПб.: Морское наследие, 2016.
5. Жуматий В.И. Морские десантные операции советских Вооруженных сил СССР. Морская пехота в довоенный период и в годы Великой Отечественной войны. 1918–1945. – М.: ЗАО «Издательство Центрполиграф», 2011.
6. Жуматий В.И. Морские десантные операции советских Вооруженных сил в Великой Отечественной войне (1941–1945). – М.: Военный университет, 1996.
7. Замчалов А.Н. История военно-морского искусства. Советское военно-морское искусство в Великой Отечественной войне 1941–1945. – Л.: ВМА, 1987.

8. Исаков И.С. Десантная операция. – М.–Л.: Отдел издательства Народного Комиссариата Обороны Союза ССР, 1934.
9. Наставление по совместным действиям Сухопутных войск с Военно-Морским Флотом и военными речными флотилиями / СССР Военные уставы и наставления. Госвоениздат. 1943.
10. Платонов А.В. Опыт первых советских морских десантных операций [Электронный ресурс] – URL: http://www.k2x2.info/istorija/desanty_velikoi_otechestvennoi_voiny/p6.php (дата обращения: 10.09.2017).
11. Салагин Я.Т. Опыт десантных операций в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг. [Текст] / Под ред. Д.А. Вершинина: Гл. Штаб ВМС СССР. – М.: Воениздат, 1947. : ил. Прил.: Альбом-схем.
12. Скуратов И.С. Морская пехота ВМФ – М.: Военное издательство, 1993.

УДК 623.95: 621.398

*А.И. АЛЕКСЕЕВ, к.т.н. Р.А. КУЗНЕЦОВ***ИЗ ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ ТЕЛЕУПРАВЛЯЕМЫХ ФУГАСОВ В РОССИИ**

Идея создания оружия для поражения сил и средств противника при ведении боевых операций на больших расстояниях витала в мыслях учёных и военных многих стран мира, более 100 лет назад. В России при разработке подводного морского минного оружия идея подорвать мину на больших расстояниях под кораблем противника принадлежала преподавателю фортификации и артиллерии Морского кадетского корпуса Санкт-Петербурга подполковнику Ивану Ивановичу Фитцуму. В статье, в кратком изложении, приводится информация о создании и использовании этого изобретения.

7 мая (25 апреля) 1895 г. произошло историческое событие, которое по достоинству было оценено лишь спустя несколько лет. На заседании физического отделения русского физико-химического общества выступил преподаватель Минного офицерского класса А.С. Попов с докладом, во время которого он продемонстрировал работу созданного им устройства, предназначенного для приема и регистрации электромагнитных волн.



ПОПОВ
Александр Степанович

Это был первый в мире радиоприемник, который демонстрировал работу первой радиосистемы с автоматическим управлением. Примерно в то же самое время подобные эксперименты в России проводились профессором Николаем Дмитриевичем Пильчиковым. Имя профессора Н.Д. Пильчикова известно немно-

гим, хотя среди ученых-физиков оно занимает далеко не последнее место.



ПИЛЬЧИКОВ
Николай Дмитриевич

Первый образец радиоуправляемой мины был создан во Франции М. Шнейдером в начале XX века. Подрыв мины производился с использованием приемника при получении любого сигнала от работающей вблизи радиостанции. После проведения усовершенствований приемник был настроен на определенную частоту подрыва мины. Работы по созданию заряда, подрываемого с помощью радиосигнала, были проведены в России инженером-механиком флота М. А. Яцуком и подполковником М. Н. Критским в 1910 году. Тогда был произведен подрыв специального патрона, оснащенного радиовзрывателем с

антенной. Посылка сигнала осуществлялась с радиостанции фирмы MARCONI.

Этими работами заинтересовался руководитель и организатор разработок военной техники и вооружения В.И. Бекаури. Он обладал интуицией, чувством нового, проныцательностью, большими практическими знаниями и навыками в работе. В своей работе он постоянно опирался на крупных специалистов в различных областях науки и техники – академика В.Н. Ипатьева, профессоров В.Ф. Миткевича, М.М. Тихвинского, В.С. Игнатовского, В.И. Ковалевского и многих других.



БЕКАУРИ
Владимир Иванович

В 1921 году по указанию правительства было образовано Особое техническое бюро при ВСНХ РСФСР (Остехбюро), начальником которого назначается В.И. Бекаури. В состав Остехбюро входило шесть отделений: специальное, авиационное, подводного плавания, взрывчатых веществ, электромеханических и экспериментальных исследований.

Остехбюро занималось разработкой различных видов военной техники и вооружения для всех видов войск: сухопутных, военно-морских, военно-воздушных сил. При этом не следует забывать, в каких исторических условиях приходилось создавать новую радиотехнику, автоматику и телемеханику. Первые советские радиолампы появились в Нижегородской радиолaborатории, возглавляемой выпускником

Петроградского политехнического института Владимиром Фёдоровичем Миткевичем, который впоследствии стал академиком, получил Сталинскую премию и был награжден орденами Трудового Красного Знамени и орденом Ленина. Именно в содружестве с ним В.И. Бекаури в 1920 году получил патент на изобретение радиоуправляемой мины, которая после многих доработок и усовершенствований была принята на вооружение в 1929 году. Среди ученых, близких к В.И. Бекаури, был В.Ф. Миткевич, хорошо известный в нашей стране и за рубежом как крупный ученый-физик, один из основателей Ленинградского политехнического института, действительный член АН СССР, заслуженный деятель науки и техники.



МИТКЕВИЧ
Владимир Фёдорович

Для создания радиоуправляемых систем требовались надежные радиоприемные устройства, в которых использовались последние научно-технические достижения. Именно такими радиоприемными устройствами занимался выпускник Ленинградского политехнического института имени М.И. Калинина Александр Ильич Деркач, который в 1925 году возглавил одну из лабораторий в Остехбюро. Под его руководством и при непосредственном участии в 20-е годы были разработаны первые отечественные ламповые супергетеродины. Именно А.И. Деркач был главным конструктором первого отечественного су-

пергетеродина с кварцевым фильтром «ДО-ЗОР». С конца 20-х годов XIX века этот радиоприемник стал серийно выпускаться на заводе имени Н.Г. Козицкого с последующей модификацией. Главной задачей лаборатории А.И. Деркача было создание радиоприемных устройств для целой серии средств специального минирования (дистанционно-управляемых фугасов). Эти работы к 1934 году «Остехбюро» успешно завершило, и в научно-исследовательские организации и в радиопромышленность стали поступать необходимые для изготовления передатчиков и приемников комплектующие изделия: кварцевые резонаторы и фильтры высокой частоты. За большие достижения в этой области А.И. Деркач был награжден в 1936 году орденом Красной Звезды. Приемник Деркача работал на фиксированной частоте с кварцевой стабилизацией принимаемой частоты в диапазоне средних волн.



ДЕРКАЧ
Александр Ильич

В Остехбюро подводными и подземными фугасами занималась одна и та же лаборатория. Первые испытания сухопутного варианта радиофугаса прошли в июле 1925 г. Пять фугасов, установленных в районе Ленинградского гребного порта, были подорваны с помощью радиокоманд, поступивших с тральщика «Микула» находящегося в 25 км от берега. В этих испытаниях принимал участие председатель Реввоенсовета СССР М.В. Фрунзе, кото-

рый лично устанавливал время и заданный порядок взрыва. Последующие испытания с положительными результатами были проведены на Комендантском аэродроме в том же году. Комиссия, принимавшая изделие под кодовым названием «БЕМИ» (Бекаури-Миткевич), рекомендовала после испытаний увеличить дальность действия радиомины в несколько раз. В мае 1927 г. Бекаури, Миткевич и ряд других сотрудников демонстрировали «БЕМИ» в Москве Правительству. Радиомины были зарыты в окрестностях Москвы, а нарком обороны К.Е. Ворошилов отправил в Ленинград нарочного с запечатанным пакетом, в котором было указано время взрыва нескольких мин. Все они взорвались точно в указанное время по сигналам, переданным из Ленинграда радиостанцией Остехбюро. На этих испытаниях присутствовали члены правительства и ряд ответственных руководителей. В 1929 году мина «БЕМИ» была принята на вооружение, а весной 1930 года началось её серийное производство. К тому времени подобного оружия не было ни в одной стране мира. В 1932 году в Красной Армии появились целые подразделения, вооруженные разными видами радиофугасов. Сокращенно их называли ТОЗ – техника особой секретности. Работы над этими радиофугасами продолжались вплоть до начала Великой Отечественной войны. Архивные данные о деятельности ТОЗ до сих пор засекречены. Новые образцы радиофугасов получили наименование Ф-10.

Согласно финским и германским документам, конструктивно мина Ф-10 представляет собой блок управления, способный принимать и обрабатывать радиосигналы и выдавать электроимпульс, способный взорвать до трех электродетонаторов, а с использованием специального промежуточного блока разветвителя – до 36 электродетонаторов. Масса заряда взрывчатки зависела от размеров и характера уничтожаемого объекта и могла составлять от нескольких десятков килограммов до

нескольких тонн. Конструкция такого заряда устанавливалась внутри объекта, обычно на глубине до 2,5 м. На расстоянии до 40 м от заряда размещалась проводная антенна длиной не менее 30 м, которая закапывалась на глубину до 120 см или могла быть замурована в бетонную стену на глубину до 6 см, или могла размещаться в воде на глубине до 50 см. Для питания радиосхемы мины требовалось напряжение 12 В, а для накалов анодов радиоламп не менее 95 В, это ограничивало время её непрерывной работы, которое составляло всего четверо суток. Для увеличения срока работы в состав мины был включен часовой механизм, обеспечивающий работу мины в соответствии с заданным алгоритмом. При поочередном включении и выключении мины на две с половиной минуты, срок службы возрастает до 20 суток (при установке режима на пять минут срок службы составлял 40 суток, что было максимальным сроком работы). Для недопущения захвата мины в ней устанавливался часовой механизм самоликвидации. Работающий часовой механизм был демаскирующим признаком, он мог быть зафиксирован немецким прибором прослушивания фирмы Elektro-Akustik. Этот прибор мог зафиксировать работу часового механизма на расстоянии до 6 м.

К концу Великой Отечественной войны было изготовлено около 5000 ком-

плектов мин Ф-10. Они применялись под Сталинградом, в Киеве, в Харькове, в Крыму, на Орловско-Курской дуге, в Пскове. Боевое применение подтвердило высокую эффективность радиоуправляемых фугасов. Примером высокой эффективности применения радиоуправляемой мины Ф-10 во время ВОВ является подрыв её с зарядом 350 кг под домом № 17 по улице Дзержинского в Харькове 14 ноября 1941 г. Во время немецкой оккупации здесь поселился военный комендант Харьковского гарнизона командир 68-й пехотной дивизии 6 армии генерал-майор Георг фон Браун. Сигналом радиовещательной средневолновой станции из Воронежа было приведено в действие радиоуправляемое взрывное устройство, от дома осталась только глубокая воронка.

ВЫВОДЫ

Применение радиоуправляемых мин при ведении боевых действий внесло изменения в тактику применения войск. Однако было установлено, что первым образцам этих мин был присущ ряд серьезных недостатков, таких как короткий срок боевого использования, сложность в установке и легкость их вывода из строя. В связи с этим применение их во Второй мировой войне было ограниченным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прошкин С.Г. Морское минное оружие (иллюстрированная энциклопедия). Книга 1. – СПб.: Фонд «Отечество», 2009.
2. Родионов А.А. Наука Санкт-Петербурга и морская мощь России. Т. 2 – СПб.: Наука, 2001.
3. Смирнов С.А., Зубков В.И. Краткие очерки истории ВНИИРТ. – М.: Всероссийский научно-исследовательский институт Радиотехники, 1996.
4. Федоренко П.П. Антология научно-технической мысли в военном деле. – СПб.: Фонд «Отечество», 2007.
5. Широкопад А.Б. Большой блеф Тухачевского. Как перевооружалась Красная Армия. – М.: Вече, 2014.
6. Шошков Е. Н. Репрессированное Остехбюро. – СПб: Мемориал, 1995.

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВА ВВОДА КУРСА И БОРТОВОЙ СЕТИ ЗАПУСКА ПРИБОРОВ УПРАВЛЕНИЯ МПО

В работе предложены доработки устройства ввода курса (УВК) со шпindelным вводом стрельбовой информации и бортовой сети запуска приборов управления (ПУ) движением морских подводных объектов (МПО), построенных по принципу бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС). Приведены результаты вычислительных и стендовых испытаний, подтверждающие расширение функциональных возможностей устройства запуска ПУ МПО.

Известное устройство запуска ПУ изделия ТЭ2-01 с БИНС со шпindelным вводом стрельбовой информации имело следующие недостатки [1]:

1. Снятие блокировки куркового устройства (КУ) совмещено с установкой шпинделем переключателя режимов (ПР) работы МПО.

2. При отложении пуска изделия или проведении регламентных работ на носителе блокировка КУ не восстанавливается, что ограничивает эксплуатационные возможности устройства запуска ПУ.

Для восстановления блокировки КУ необходимо было вытаскивать изделие из торпедного аппарата (ТА), открывать крышку горловины соединителя «КР-КО» и подавать от внешнего источника питания на контакты 4 и 8 соединителя «+27 В» и «-27 В» соответственно.

Для устранения этих недостатков подвергнуты модернизации УВК [2] и бортовую электрическую сеть запуска ПУ следующим образом [3].

В УВК (рисунок 1) введено устройство включения (УВ), содержащее следующие узлы и детали: рычаг 1, расположенный рядом со шпинделем ω и закрепленный на валу 2, который вращается в корпусе УВК и герметично уплотнен резиновым кольцом. Втулка 3, имеющая зацеп для пружины растяжения 5, создающей крутящий момент, который прижимает выступ втулки к корпусу УВК, что обеспечивает

исходное положение рычагов 1 и 4. Закрепленный на втулке 3 рычаг 4 имеет подпруженный винт 7, нажимающий на микропереключатель К6, обеспечивая соединение его контактов 1 и 3.

В бортовую сеть запуска ПУ с БИНС введены четыре блока включения «1», «2», «3» и «4» с временными задержками (отсечками), задаваемыми RCL и RC цепочками, а также поляризованное реле К9, диоды V3 и V4, обеспечивающие заданную последовательность включения питающего напряжения 27 В на ПУ для эффективного его задействования перед пуском изделия и бесперебойного переключения питания ПУ в процессе пуска изделия, а также восстановления блокировки КУ при отложении пуска или застревании в ТА (рисунок 2).

При отпуске шпинделя УПК ТА он нажимает на клиновую поверхность рычага 1. Рычаг с валом 2 разворачивается. Одновременно внутри корпуса УВК втулка 3 с рычагом 4 преодолевает крутящий момент, созданный пружиной 5. Подпруженный винт 7 на рычаге 4 нажимает на кнопку микропереключателя К6, замыкая его контакты 1–2. В момент поднятия шпинделя УПК рычаг 1 под действием пружины 5 возвращается в исходное положение, переключая контакты 1–3 микропереключателя.

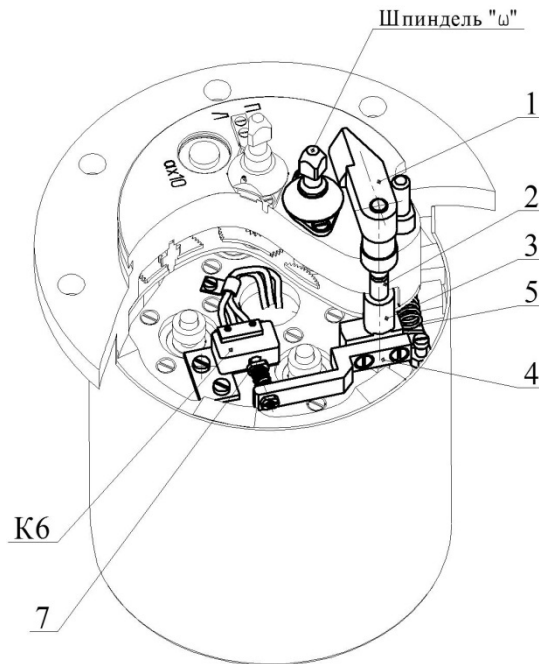


Рисунок 1 – Устройство запуска прибора управления

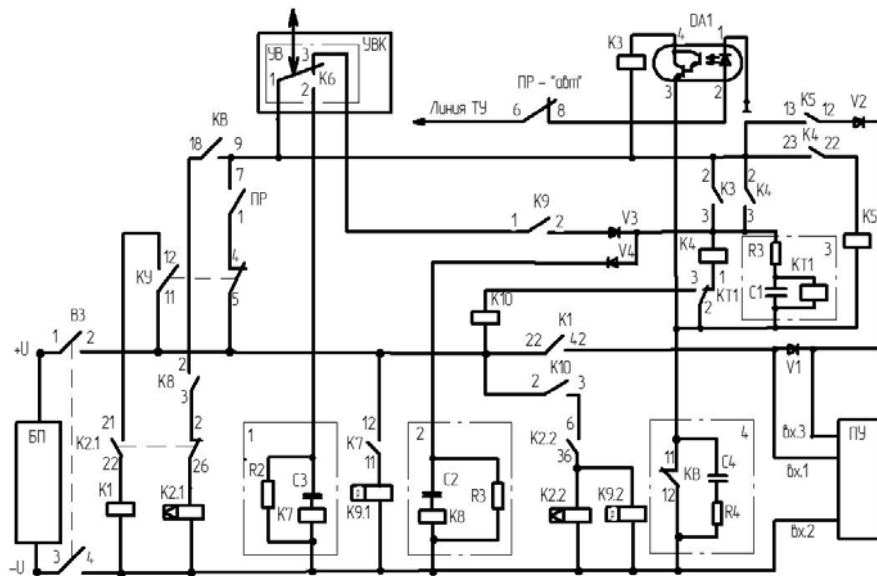


Рисунок 2 – Устройство включения микропереключателя

Модернизированное устройство работает следующим образом. При включении приборного выключателя ВЗ и установлении ПР в положение «ПТА», «ЛТА» или «АВТ» замыкаются контакты «ПР»/1 с «ПР»/7 и устанавливается только режим работы изделия.

В режимах работы с «ПТА» или «ЛТА» на носителе при отпускании шпинделя УПК ТА на шпиндель ω УВК срабатывает микропереключатель К6, замыкая его контакты 1–2, срабатывает реле К7 в блоке «1», замыкая свои контакты 11–12 на время τ_1 , переключается поляризованное реле К9, замыкая его контакты 1–2, подго-

тавливая электрическую цепь для снятия блокировки КУ и подачи напряжения 27В на ПУ для его задействования.

В момент поднятия шпинделя УПК перед пуском изделия из ТА, рычаг 4 под действием пружины 5 возвращается в исходное положение, замыкаются на время τ_2 контакты 2–3 реле К8, срабатывает дистанционный переключатель (ДП) К2, снимающий блокировку КУ. При этом срабатывают его контакты: 21–22 и 6–36, а контакты 26–2 размыкаются. Кроме того, по диоду V3 подается напряжение +27 В на обмотки реле К4, К5 и КТ1. Срабатывают реле К4, К5 и по диоду V2 поступает на вход 3 ПУ для его задействования перед пуском изделия.

В режиме работы с НК при включении В3 и установке ПР в положение «АВТ» контакты 6–8 ПР замыкаются. При подаче по линии ТУ относительно корпуса изделия короткого импульса 27 В на вход оптрона DA1 срабатывает реле К3, замыкая контакты 2–3, которые подключают реле К4, замыкаются его контакты 2–3 и 22–23, срабатывает реле К5. При этом, замыкаются его контакты 12–13 и по диоду V2 подается напряжение 27 В на вход 3 ПУ для его эффективного задействования при пуске изделия с НК.

При движении изделия в ТА срабатывает КУ, замыкаются контакты 11–12 и размыкаются контакты 4–5, отработывает реле К1, по замкнутым контактам 22–42 которого поступает напряжение +27 В на вход 1 ПУ. При выходе изделия из ТА размыкаются его контакты кормового выключателя 9–18 и 11–12 КВ, снимается напряжение с реле времени КТ1 и с входа 1 ПУ.

При отмене пуска изделия или при проведении регламентных работ на носителе по истечению 10 с с момента подачи напряжения на вход блока 3 срабатывает реле времени КТ1, замыкаются его контакты 2–3, срабатывает реле К10, контакты 2–3 которого подключают 27 В к обмоткам реле К2.2 и К9.2 для приведения электри-

ческой схемы устройства в исходное состояние восстановлением блокировки КУ.

Расчет переходных процессов, возникающих в приведенных электрических цепях при переходе от одного установившегося режима к другому, базируется на решении обыкновенных дифференциальных уравнений [4]. При этом электромагнитное реле можно изобразить в виде последовательного соединения активного сопротивления обмотки (R) и индуктивности (L). Представим в виде системы дифференциальных уравнений электрические цепочки RL и RLC, используемые в описании блоков устройства запуска ПУ:

$$\frac{dy}{dt} = f(y, t), \quad (1)$$

с граничными условиями $y(t_0, t_{end}) = b$, где t_0, t_{end} – начальные и конечные точки интервалов; b – вектор, задающей начальные и конечные условия,

$$\frac{di}{dt} = \frac{U}{L} - \frac{R}{L} * i; \quad (2)$$

$$\frac{dy^2}{dt^2} = \frac{R}{L} * \frac{di}{dt} + \frac{1}{LC} * i = U. \quad (3)$$

Следует отметить, что в любой цепи с индуктивностью L ток (i) и магнитный поток, а с емкостью C напряжение (U) и заряд сохраняют те же значения, которые они имели до коммутации, и дальше они начинают изменяться с этих значений. Для исследования влияния параметров цепей на вид переходных процессов необходимо организовать циклы, внутри которых значения R, C, L, U будут изменяться в некоторых диапазонах. Программа MATLAB для интегрирования дифференциальных уравнений (2)–(3) электрических цепей RLC методом Рунге-Кутты с использованием функции ode45 приведена в приложении. Результаты расчета влияния изменения индуктивности L и емкости C представлены на рисунках 3 и 4 соответственно.

Уравнение напряжения u_C на конденсаторе при включении цепи RC с резисто-

ром и емкостью к источнику с постоянным напряжением U имеет вид [5]

$$u_C = U \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right), \quad (4)$$

где величина $\tau = R * C$ – постоянная времени цепи. Практически переходный про-

цесс заканчивается при $t = 5\tau$. Следует отметить, что временная задержка $\tau_4 = R_4 * C_4$ снятия напряжения +27 В, подаваемого для эффективного задействования ПУ перед пуском изделия, обеспечит бесперебойную подачу напряжения питания по входу 2 на ПУ.

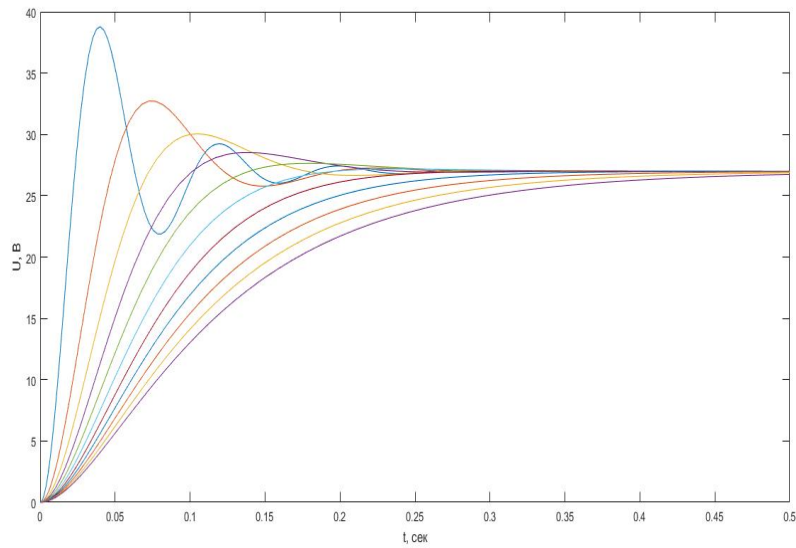


Рисунок 3 – Переходные процессы в цепи RLC при изменении индуктивности

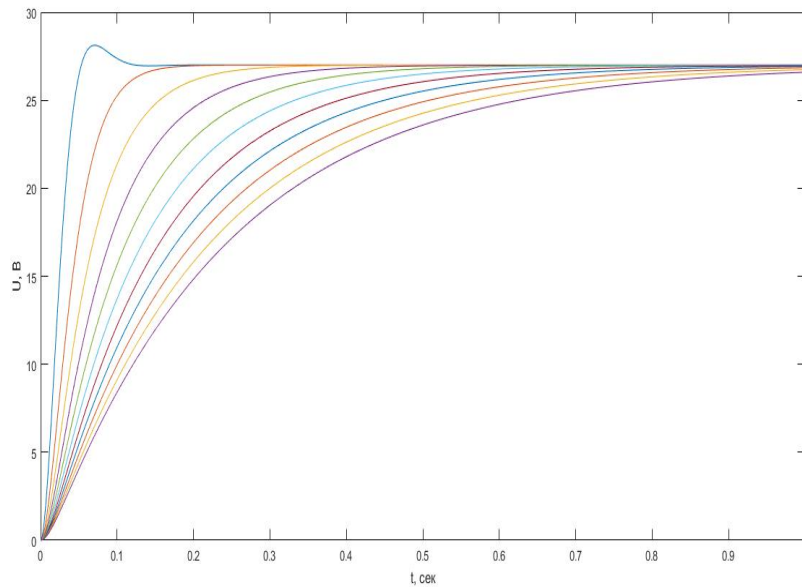


Рисунок 4 – Переходные процессы в цепи RLC при изменении емкости

ВЫВОДЫ

Доработанные УВК и электрическая схема бортовой сети обеспечивают следующий порядок снятия и восстановления блокировки КУ:

1. При установке шпинделя ПР в положения «АВТ», «ПТА» или «ЛТА» устанавливается только режим работы. Блокировка КУ не снимается.

2. Снятие блокировки КУ и подачи напряжения 27 В на ПУ осуществляется по

линии ТУ (для НК носителя) или при срабатывании УВ (для ПЛ носителя);

3. Восстановление блокировки КУ и снятие напряжения 27 В с ПУ (при отмене залпа, при застревании изделия в трубе ТА или при проведении регламентных работ на носителе) осуществляются автоматически, через 10 с после снятия блокировки электропитания бортовой сети, и изделие автоматически подготовлено к повторной работе.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Программа для интегрирования дифференциальных уравнений

```
function dydt = RLC (t, y, U, R, L, C)
dydt = [y(2); U/(L*C) - 1/(L*C) * y(1) - (R/L) * y(2)];
end
for k=0:0.25:0.1
tspan=[0,0.1]; % интервал времени процесса
y0 = [0; 0]; % начальные условия
U = 27; % напряжение источника, В
R = 100; % сопротивление обмотки реле, Ом
L=0,1+k; % индуктивность обмотки, Гн
C = 0.00001; % емкость конденсатора, мкФ
[t, y]=ode45 (@RLC, tspan, y0, [], U, R, L, C);
plot (t, y (:,y))
hold on
end
```

ЛИТЕРАТУРА

1. Прибор управления Б-107-01-В.
2. Устройство ввода курса 2556.021.0230.
3. Электрические схемы 2556.009.050 ЭЗ коммутационно-распределительного и 2556.016.051-01 ЭЗ релейного блоков бортовой сети.
4. М.С. Лурье, О.М. Лурье. Применение программы MATLAB при изучении курса электротехники. Редакционно-издательский центр СибГТУ. 2006.
5. Л.А. Частоедов. Электротехника. – М.: Высшая школа, 1989.

УДК 623.946.05: 621.396.96.029.74

А.Ю. МИНАКОВ, С.Н. НИКИТЧЕНКО

МОДЕЛЬ БОЕВОГО ПРИМЕНЕНИЯ ТОРПЕД, ОСНАЩЕННЫХ ЛАЗЕРНОЙ СИСТЕМОЙ ОБНАРУЖЕНИЯ КИЛЬВАТЕРНОГО СЛЕДА ЦЕЛИ

В статье описывается модель боевого столкновения двух противоборствующих подводных лодок с обменом по одному удару (залпу) торпед. На основании рассматриваемой ситуации делается вывод, что модель, разработанная в интегральной среде Delphi 7, формирует кинематический образ развития ситуации обмена ударами (залпами) и позволяет осуществлять наблюдение возможных эффектов.

В современных условиях наблюдается тенденция приоритетного развития в ВМС западных государств подводных сил и средств, в том числе атомных и неатомных подводных лодок. Так, в военно-морской доктрине США «Sea Power 21» подводным лодкам отведена одна из главных ролей.

Торпедное оружие ВМФ является единственным видом оружия, обеспечивающим поражение подводных лодок противника и самооборону надводных кораблей и подводных лодок от всех видов подводного оружия противника, поэтому модельное изучение возможностей его совершенствования и применения является актуальной задачей науки.

Традиционные акустические системы самонаведения (ССН) современных противолодочных торпед [1] имеют существенный недостаток – возможность имитации их работы средствами гидроакустического противодействия (СПД). Поэтому одним из основных требований к современным образцам торпед является их оснащение многоканальной (комплексированной) ССН, обладающей высокой помехозащищенностью от естественных и искусственных помех.

Из числа возможных каналов комплексированной ССН особого внимания заслуживает система обнаружения кильватерного следа цели, подобная той, которой оснащена торпеда 53-65КЭ [2]. На основе

успехов развития лидаров [3] гипотетически можно предположить, что система обнаружения кильватерного следа цели расширена на возможность обнаружения кильватерного следа подводной цели. При этом реализуются дальности действия до нескольких десятков метров, что представляется ничтожным для систем обнаружения. Однако реализация системы обнаружения кильватерного следа цели в составе комплексированной ССН позволяет найти ей достойное применение.

В рассматриваемой модели боевого столкновения двух противоборствующих подводных лодок с обменом по одному удару (залпу) торпед, одна из них обладает свойством упреждающего обнаружения и применяет телеуправляемую торпеду. Во избежание поражения ответным ударом (залпом) торпеда применяется с углом на дистанции с тем, чтобы противоборствующая (вторая) подводная лодка обнаруживала факт атаки с ложного направления. Такая тактическая ситуация с применением второй подводной лодкой торпед по пеленгу обнаружения торпеды противника делает судьбу этой подводной лодки безнадежной. Вместе с тем, предполагая оснащение торпед ответного залпа комплексированной системой самонаведения, включающей гипотетическую лазерную систему обнаружения кильватерного следа цели, эпизод боевого столкновения удастся перевести в ситуацию ответно-встречного удара.

Максимальной возможностью, которой обладает торпеда ответного удара (залпа) второй подводной лодки, является обнаружение атакующей торпеды после пересечения ее кильватерного следа. Это обстоятельство и является ключевым в переводе исходной ситуации одностороннего поражения в ситуацию ответно-встречного удара. Для этого следует предположить, что торпеда ответного удара (залпа), обнаружив кильватерный след торпеды противника, будет наводиться по этому следу до точки залпа торпеды противника, а затем перейдет в режим самонаведения по кильватерному следу подводной лодки противника. В случае успешной реализации этих возможностей неизбежно наступит момент, когда подводная лодка противника будет обнаружена акустической ССН, что необходимо и достаточно для ее поражения.

Вместе с тем нельзя исключать возможность применения ПЛ противника и самоходных средств ГПД типа имитаторов, на преследование которых может переключиться торпеда ответного удара (залпа). Поэтому комплексированная ССН должна иметь еще и некоторый канал идентификации истинной ПЛ-цели. Таким каналом может являться магнитометрическая система [2].

Разработанная модель реализует эпизод боевого столкновения двух противоборствующих подводных лодок с обменом по одному удару (залпу) торпед. Одна из подводных лодок обладает свойством упреждающего обнаружения и применяет телеуправляемую торпеду. Во избежание поражения ответным ударом (залпом) торпеды применяется с углом на дистанции с тем, чтобы противоборствующая (вторая) подводная лодка обнаруживала факт атаки с ложного направления. Предполагая оснащение торпед ответного залпа комплексированной системой самонаведения, включающей гипотетическую лазерную систему обнаружения кильватерного следа цели, эпизод боевого столкновения переводится в ситуацию ответно-встречного

удара. Торпеда ответного удара (залпа) в случае пересечения трассы торпеды противника, обнаруживает ее след и осуществляет наведение по этому следу до точки залпа торпеды противника. С выходом в точку залпа торпеда переключается на преследование ПЛ-цели и (или) применяемых ею средств ГПД. Положительный исход стрельбы достигается в случае, когда при достижении преследуемого объекта торпеда идентифицирует истинную ПЛ-цель по сигналам одновременно всех трех каналов комплексированной ССН: лазерного, акустического и магнитометрического. Разработка решающих правил, которыми должна руководствоваться система управления торпеды по сигналам комплексированной ССН, и многократный прогон модели для наблюдения возможных эффектов являются традиционным путем развития и совершенствования торпедного оружия и способов (приемов) его боевого применения.

Модель реализуется программой, предназначенной для имитации исходной тактической обстановки боевого противоборства подводных лодок, развития эпизода боевого столкновения с применением торпедного оружия, визуального просмотра движения объектов, исхода боевого столкновения и статистической оценки эффективности действий сторон.

Она содержит расчетную и графическую часть. Расчетная часть реализована при использовании интегрированной среды разработок Delphi 7, графическая – с использованием библиотеки OpenGL. Программа представляет собой один исполняемый файл «Argen_1.exe» размером около 1 Мб.

Результаты решения представляются пользователю в графическом и табличном виде. Исходная обстановка, типы изделий и целей, «принятых при умолчании», отображаются сразу при запуске программы.

На рисунке 1 приведен один из вариантов решения задачи.

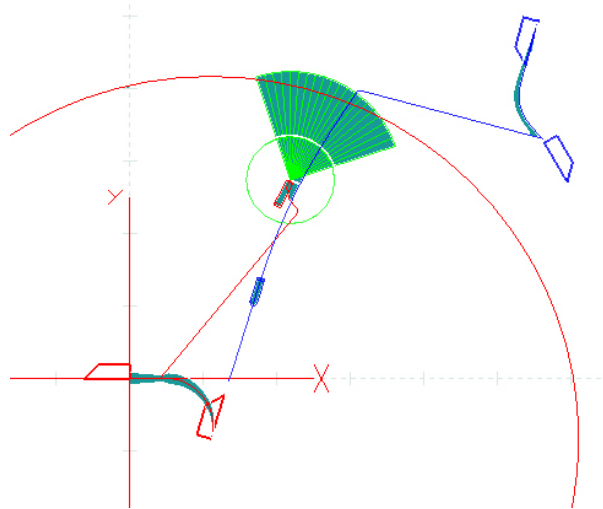


Рисунок 1 – Начальная стадия эпизода боевого столкновения ПЛ с применением торпед (вариант)

Показаны текущие положения ПЛ (синий контур – ПЛ, имеющая упреждение в обнаружении, красный контур – ПЛ ответного удара) торпед. Зеленым цветом нарисованы текущие сектора излучения акустической ССН.

Синими линиями отображается путь ПЛ-цели и ее торпеды. Символы ПЛ даются в начальной и текущей точках трассы (маршрута).

Красная линия – траектория движения торпеды ответного удара (залпа). Отображен эпизод пересечения траектории торпеды противника с обнаружением следа торпеды лидаром и переходом на наведение вдоль этой траектории.

Далее на рисунке 2 показан этап приближения торпеды ответного удара (залпа) вдоль траектории торпеды противника к точке залпа.

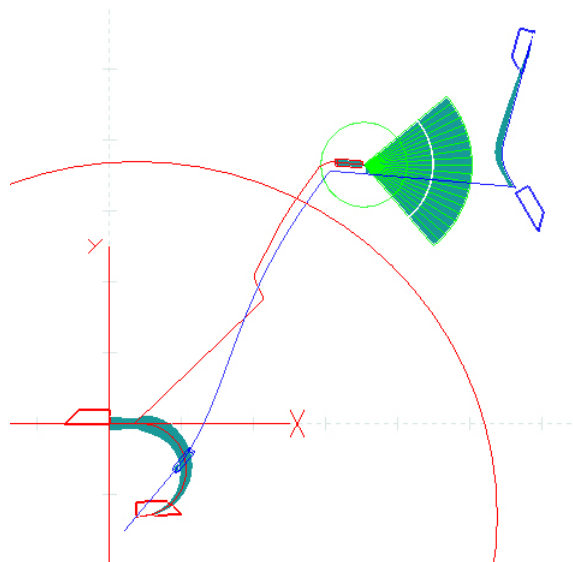


Рисунок 2 – Этап приближения торпеды ответного удара (залпа) вдоль траектории торпеды противника к точке залпа (вариант)

Наконец, на рисунках 3 и 4 представлен заключительный этап преследования торпедой ответного удара (залпа) ПЛ-цели вдоль ее кильватерного следа (вариант).

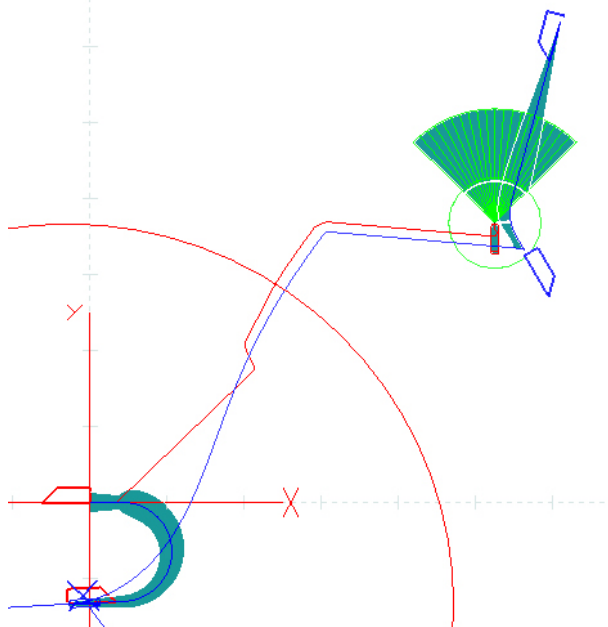


Рисунок 3 – Этап преследования торпедой ответного удара (залпа) ПЛ-цели вдоль ее кильватерного следа (вариант)

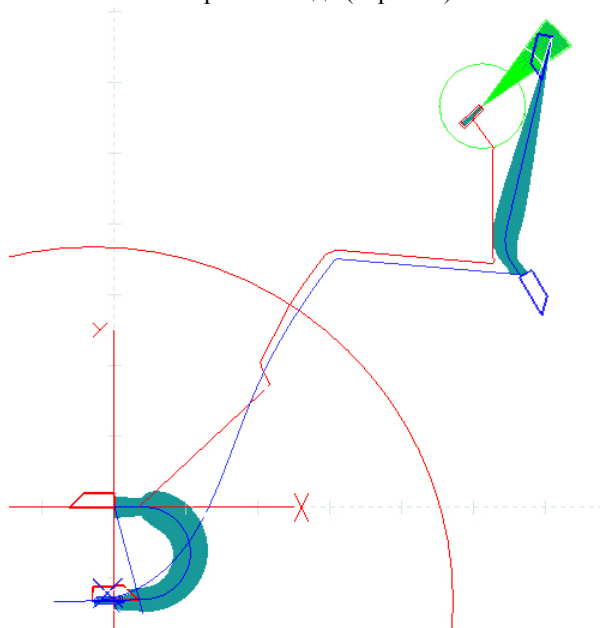


Рисунок 4 – Заключительный этап самонаведения торпеды ответного удара на ПЛ-цель с использованием всех возможностей комплексированной ССН (вариант)

Возможна имитация двухторпедного залпа ПЛ ответного удара (рисунок 5).

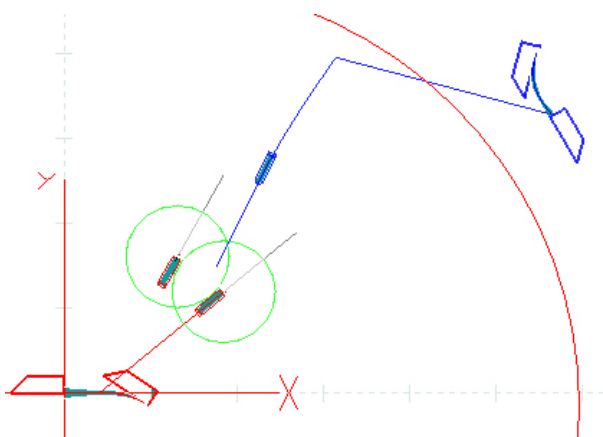


Рисунок 5 – Модельная имитация двухторпедного залпа ПЛ ответного удара (вариант)

Модель позволяет воспроизводить ее в различных масштабах времени – от масштаба реального времени до масштаба времени проведения статистических испытаний в целях оценки эффективности применения торпед и вероятностного исхода эпизода боевого столкновения.

Дальнейшее совершенствование модели и ее исследовательское многократное воспроизведение являются традиционным

путем развития и совершенствования торпедного оружия и способов (приемов) его боевого применения с использованием современных информационных технологий.

Следует ожидать, что применение торпед, оснащенных комплексированной ССН, позволит повысить эффективность их использования до уровня практически гарантированного поражения цели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Косарев В.В. Торпедное оружие: Методические указания для самостоятельной работы по дисциплине «Боевые средства флота и их боевое применение». – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2000.
2. Кузин В.П., Никольский В.И. Военно-Морской Флот СССР. 1945–1991: монография. – СПб.: Историческое морское общество, 1996.
3. Способ видения подводных объектов и устройство для его реализации. Патент RU 2397510. – М.: ФИПС, 2010.

УДК 623.9: 621.391.272

А.А. НОВОСЁЛОВА, д.т.н. М.А. РАМАЗАНОВ, Н.В. ТРУШИНА

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ РАЗНОРОДНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ В СЛОЖНЫХ СИГНАЛЬНО-ПОМЕХОВЫХ СИТУАЦИЯХ

В статье проанализированы принципы объединения систем обработки информации различного типа для обеспечения надежности и точности навигационных систем подводных аппаратов. Синтезированы устойчивые к аномальным помехам робастные алгоритмы комплексирования данных как устройств фильтрации и приведены результаты сравнительной оценки их помехоустойчивости.

Проблема создания современных помехоустойчивых информационно-измерительных и навигационных систем (ИС) боевых подводных аппаратов (ПА) делает целесообразным использование различных методов и алгоритмов комплексной обработки разнородных измерительных данных в сложных сигнально-помеховых ситуациях. Известно много работ, направленных на решение задач комплексирования разнородных измерительных данных (спутниковых, радио- и гидролокационных, инерциальных ИС), где рассматриваются различные алгоритмы комплексирования, проводится анализ характера ошибок [1–3]. Тем не менее в известной литературе слабо освещены вопросы синтеза и применения помехоустойчивых рекуррентных алгоритмов комплексирования наблюдений ИС ПА в сложных сигнально-помеховых ситуациях.

Практическое применение известных оптимальных алгоритмов комплексирования разнородных наблюдений ИС ПА представляет значительные трудности, так как предусматривает оптимизацию приёмно-измерительных трактов бортового электронного оборудования и решение уравнений фильтрации, содержащих большое количество оцениваемых параметров.

Современные исследования и реализация комплексной обработки измерительной информации используют методы пространства состояния, в частности марков-

скую теорию оценивания случайных процессов. При этом реализуются следующие принципы комплексирования систем обработки информации:

1. Функционально-техническое комплексирование систем.

2. Комплексирование систем, измеряющих одни и те же или функционально связанные параметры (информационное комплексирование).

Первый принцип построения комплексированных систем основан на создании многофункциональных комплексов на базе известных систем, а второй – на совместной обработке информации от нескольких систем, определяющих одни и те же или функционально связанные параметры как на уровне первичной, так и вторичной обработки измерительной информации. Комплексирование на уровне первичной обработки информации позволяет определить оптимальную структуру и характеристики системы. Информационное комплексирование, не затрагивая структуры самих систем, позволяет получить реализуемые в бортовых вычислительных системах алгоритмы комплексной обработки информации.

При проектировании информационно-измерительных и ИС ПА возникает необходимость в комплексировании систем, в которых точность обеспечивается радио- и гидролокационными средствами, а надежность и непрерывность выработки информации о курсе, координатах, скоро-

сти – автономными инерциальными НС. Следует отметить такие особенности инерциальных НС, определяющие широкое использование на средствах военно-морских сил, как автономность и отсутствие демаскирующих признаков работы. Главный недостаток всех инерциальных систем – накопление с течением времени погрешностей оценок координат, скорости и угловой ориентации. Концепции разработки и перспективы развития боевых ПА предусматривают значительное увеличение их автономности [4]. При длительном плавании ПА, в котором исключен прием информации спутниковых радионавигационных систем (ГЛОНАСС или GPS), автономные инерциальные НС накапливают значительные ошибки. Отсюда вытекает целесообразность проведения навигационной коррекции численных автономной НС координат ПА по данным гидроакустической НС. Комплексование данных инерциальных НС и гидроакустических систем определения координат по данным сово-

купности из i маяков-ответчиков (МО) повышает точность вырабатываемых оценок положения ПА, пришедшего в район расположения маяков.

В процессе работы аппарата вполне реальна ситуация, когда из нескольких МО слышимым оказывается всего один. Знание двух параметров – дальности до маяка и курсового угла достаточно для коррекции траектории ПА. Сочетание гидроакустической и автономной НС позволит получить дополнительную информацию о положении ПА при использовании одного МО. Комплексованная НС с одним МО точнее автономной системы, а использование пеленгатора с измерителем дальности позволит уточнить положение ПА и в тангенциальном и в радиальном направлениях.

Будем рассматривать движение ПА на горизонтальной плоскости, так как вертикальная координата измеряется с большой точностью глубиномером. Пусть динамика объекта описывается следующим векторно-матричным уравнением

$$\hat{Y}_{k+1} = \hat{Y}_k + \hat{\mu}_k = F_{k+1} \hat{Y}_k, \quad k = 0, 1, 2, \dots,$$

где $\hat{Y}_k - n$ – вектор состояния объекта; μ_k – путь, проходимый ПА между k и $k+1$ запросами МО; $F_k - (n \times n)$ – переходная матрица системы. Пользуясь отсчетами азимута

$\psi_k = \arctg \left(\frac{y_{1,k}^E - y_{MO}^E}{y_{1,k}^N - y_{MO}^N} \right)$ и дальности $\rho_k = \sqrt{(y_{1,k}^E - y_{MO}^E)^2 + (y_{1,k}^N - y_{MO}^N)^2}$ относительно i – го

МО, которые нелинейно зависят от координат ПА, определим вектор состояния объекта \hat{Y}_k следующим образом. Введем связанную с ПА вспомогательную систему координат (η, ξ) , повернутую относительно основной системы координат (N, E) на угол $\hat{\alpha}_k$, для измерения невязок измерений дальности и угловой координаты, а также вычисления весовых коэффициентов робастного фильтра (рисунок 1).

В начальный момент времени известны несмещенная оценка вектора состояния ПА \hat{Y}_0 и ее ковариационная матрица P_0 . Оценки отсчетов дальности и углового положения аппарата во вспомогательной системе координат (η, ξ) можно выразить уравнением измерений

$$Z_k^{\eta\xi} = h_k [u(\hat{\alpha}_k) H \hat{Y}_k^{EN}] + V_k, \quad (1)$$

где $Z_k^{\eta\xi} = \begin{bmatrix} z_k^\eta \\ z_k^\xi \end{bmatrix}$; $H = \begin{bmatrix} \bar{H} & O \\ O & \bar{H} \end{bmatrix}$; $\bar{H} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$; $O = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$; $V_k = \begin{bmatrix} v_k^\rho \\ v_k^\alpha \end{bmatrix}$; $z_k^\eta = \rho_k + v_k^\rho$;

$z_k^\xi = \tilde{\alpha}_k + v_k^\alpha$; $\hat{\alpha}_k = \text{arctg} \left(\frac{\hat{y}_{1,k}^N - y_{MO}^N}{\hat{y}_{1,k}^E - y_{MO}^E} \right)$; $u(\hat{\alpha}_k) = \begin{bmatrix} \cos \hat{\alpha}_k & \sin \hat{\alpha}_k \\ -\sin \hat{\alpha}_k & \cos \hat{\alpha}_k \end{bmatrix}$; $\tilde{\alpha}_k = \hat{\alpha}'_k - \hat{\alpha}_k$; $\hat{\alpha}'_k$ – экс-

траполированная оценка углового положения ПА. Компонентами вектора состояния объекта выбраны оценки $y_{1,k}^E$ и $y_{1,k}^N$ – координаты; $y_{2,k}^E$ и $y_{2,k}^N$ – проекции скорости ПА в основной системе координат (N, E) при k -м запросе МО, т.е.

$$\hat{Y}_k^{EN} = \begin{bmatrix} \hat{y}_{1,k}^E & \hat{y}_{2,k}^E & \hat{y}_{1,k}^N & \hat{y}_{2,k}^N \end{bmatrix}^T.$$

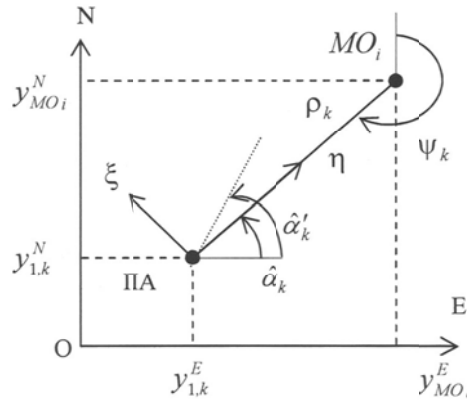


Рисунок 1 – Угловые соотношения между системами координат (N, E) и (η, ξ)

Запишем в системе координат (η, ξ) выражение для ковариационной матрицы ошибок оценивания

$$P_k^{\eta\xi} = U(\alpha_k) P_k, \quad (2)$$

где $U(\alpha_k) = \begin{bmatrix} I \cos \alpha_k & I \sin \alpha_k \\ -I \sin \alpha_k & I \cos \alpha_k \end{bmatrix}$; $I = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$; $P_k^{\eta\xi} = \begin{bmatrix} P_k^\eta & O \\ O & P_k^\xi \end{bmatrix}$; $P_k^\eta = \begin{bmatrix} \sigma_{11}^\rho & \sigma_{12}^\rho \\ \sigma_{21}^\rho & \sigma_{22}^\rho \end{bmatrix}_k$;

$P_k^\xi = \begin{bmatrix} \sigma_{11}^{\tilde{\alpha}} & \sigma_{12}^{\tilde{\alpha}} \\ \sigma_{21}^{\tilde{\alpha}} & \sigma_{22}^{\tilde{\alpha}} \end{bmatrix}_k$; $\sigma_{11}^\rho, \sigma_{12}^\rho, \sigma_{21}^\rho, \sigma_{22}^\rho$ – дисперсии оценок скорости изменения координат; $\sigma_{11}^{\tilde{\alpha}}, \sigma_{12}^{\tilde{\alpha}}, \sigma_{21}^{\tilde{\alpha}}, \sigma_{22}^{\tilde{\alpha}}$ – дисперсии оценок расстояния и углового положения (координат) ПА; $\sigma_{11}^\rho, \sigma_{22}^\rho$ – дисперсии скорости изменения координат; $\sigma_{12}^\rho, \sigma_{21}^\rho, \sigma_{12}^{\tilde{\alpha}}, \sigma_{21}^{\tilde{\alpha}}$ – взаимные ковариации координат и их производных. Причем, дисперсии ошибок координаты $y_{1,k}^E$ равна $\sigma_{11,k}^\rho$, а $y_{1,k}^N$ – произведению угловой координаты $\tilde{\alpha}_k$ и дальности ρ_k , т.е. дисперсия круговой ошибки местоопределения ПА равна $\sigma_{11,k}^\rho + \rho_k \sigma_{11,k}^{\tilde{\alpha}}$.

Преобразование координат (2) не нарушает условия оптимизации, так как $\text{tr} P_k = \text{tr} P_k^{\eta\xi}$ и минимизация следа матрицы $\text{tr} P_k^{\eta\xi}$ во вспомогательной системе координат (η, ξ) равносильна минимизации следа $\text{tr} P_k$ в основной системе координат (N, E) . Поэтому вычисление весовых матриц K_k^η и K_k^ξ решением ковариационных уравнений Рик-

кати во вспомогательной системе координат (η, ξ) робастным методом обеспечивает выполнение условий оптимизации [5]:

$$K_k^\eta = P_k^\eta H^T [H P_k^\eta H^T + R_k^\rho]^{-1}, \quad (3)$$

$$R_k^\rho = (1 - \hat{\chi}_k^\rho) R_k^{\rho(0)} + \hat{\chi}_k^\rho R_k^{\rho(1)}, \quad \hat{\chi}_k^\rho = \begin{cases} 0, & J_k^\rho \leq \delta_\rho \\ 1, & J_k^\rho > \delta_\rho \end{cases}, \quad J_k^\rho = \hat{z}_{1,k}^T [H P_k^\eta H^T + R_k^{\rho(0)}]^{-1} \hat{z}_{1,k},$$

$$R_k^{\rho(1)} = \hat{z}_{1,k}^T \hat{z}_{1,k} / \delta_\rho - H P_k^\eta H^T, \quad P_k^\eta = \Phi_k P_{k-1}^\eta \Phi_k^T + W_k^\eta, \quad (4)$$

$$P_k^\eta = P_k^\eta - K_k^\eta H P_k^\eta, \quad (5)$$

$$K_k^\xi = P_k^\xi H^T [H P_k^\xi H^T + R_k^\alpha]^{-1}, \quad (6)$$

$$R_k^\alpha = (1 - \hat{\chi}_k^\alpha) R_k^{\alpha(0)} + \hat{\chi}_k^\alpha R_k^{\alpha(1)}, \quad \hat{\chi}_k^\alpha = \begin{cases} 0, & J_k^\alpha \leq \delta_\alpha \\ 1, & J_k^\alpha > \delta_\alpha \end{cases}, \quad J_k^\alpha = \hat{z}_{2,k}^T [H P_k^\xi H^T + R_k^{\alpha(0)}]^{-1} \hat{z}_{2,k},$$

$$R_k^{\alpha(1)} = \hat{z}_{2,k}^T \hat{z}_{2,k} / \delta_\alpha - H P_k^\xi H^T,$$

$$P_k^\xi = \Phi_k P_{k-1}^\xi \Phi_k^T + W_k^\xi, \quad (7)$$

$$P_k^\xi = P_k^\xi - K_k^\xi H P_k^\xi, \quad (8)$$

где $\hat{z}_{1,k}, \hat{z}_{2,k}$ – невязки измерений по дистанции и угловой координате; $R_k^{\rho(0)}, R_k^{\alpha(0)}$ – дисперсии оценок по дистанции и угловой координате, принятые для основной массы измерений; W_k^η, W_k^ξ – ковариационные матрицы шумов обработки сигналов для учета апертурных погрешностей и помех, возникающих при дискретизации и квантовании сигналов, а также нелинейных характеристик отдельных элементов НС; $\Phi_k = \begin{bmatrix} 1 & \tau_k \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$;

$$\tau_k = t_k - t_{k-1}; \quad \hat{L}_k^\eta = \begin{bmatrix} l_{11}^\rho & l_{12}^\rho \\ l_{21}^\rho & l_{22}^\rho \end{bmatrix}_k; \quad \hat{L}_k^\xi = \begin{bmatrix} l_{11}^\alpha & l_{12}^\alpha \\ l_{21}^\alpha & l_{22}^\alpha \end{bmatrix}_k.$$

На базе уравнений (1)–(8) можно синтезировать следующий робастный алгоритм фильтрации сигналов НС:

$$\hat{Y}_k^{EN} = Y_k'^{EN} + U^T(\hat{\alpha}_k) K_k^{\eta\xi}, \quad (9)$$

$$\hat{Y}_{k+1}^{EN} = F_{k+1} \hat{Y}_k^{EN}, \quad (10)$$

где $K_k^{\eta\xi} = [K_k^\eta \hat{z}_{1,k}, K_k^\xi \hat{\rho}'_k \hat{z}_{2,k}]^T$; $K_k^\eta = [k_{1,k}^\rho \quad k_{2,k}^\rho]^T$; $K_k^\xi = [k_{1,k}^\alpha \quad k_{2,k}^\alpha]^T$; $\hat{z}_{1,k} = z_k^\eta - \rho'_k$; $\hat{z}_{2,k} = \hat{\alpha}'_k - \hat{\alpha}_k$; $\hat{\alpha}'_k = \arctg\left(\frac{\hat{y}_{1,k}^N - y_{MO}^N}{\hat{y}_{1,k}^E - y_{MO}^E}\right)$; $F_k = \begin{bmatrix} \Phi_k & O \\ O & \Phi_k \end{bmatrix}$; $\hat{\rho}'_k = \sqrt{(\hat{y}_{1,k}^E - y_{MO}^E)^2 + (\hat{y}_{1,k}^N - y_{MO}^N)^2}$.

Выбор пороговых уровней $\tilde{z}_{1,k}$ и $\tilde{z}_{2,k}$ осуществляется при $\delta_\rho \approx 3\sigma_\rho$, $\delta_\alpha \approx 3\sigma_\alpha$ соответственно, где $\sigma_\rho^2 = M(z^\eta - \rho')$; $\sigma_\alpha^2 = M(\hat{\alpha}' - \hat{\alpha})$ в установившемся режиме.

Субоптимальным подходом к решению задачи комплексирования является раздельная фильтрация потоков данных от каждого источника с последующим их комплексирова-

нием с весами, зависящими от точности полученных оценок [6]. При известных значениях χ_k^ρ , $R_k^{\rho(1)}$, $R_k^{\alpha(0)}$ и χ_k^α , $R_k^{\alpha(1)}$, $R_k^{\alpha(0)}$ алгоритм субоптимального фильтра имеет вид

$$\begin{aligned}\hat{Y}_k^{EN} &= Y_k^{EN} + U^T(\hat{\alpha}_k)K_k^{\eta\xi}, \hat{Y}_{k+1}^{EN} = F_{k+1}\hat{Y}_k^{EN}, K_k^\xi = P_k^{\prime\xi}H^T[HP_k^{\prime\xi}H^T + R_k^{\alpha(0)}]^{-1}, \\ R_k^\alpha &= (1 - \chi_k^\alpha)R_k^{\alpha(0)} + \chi_k^\alpha R_k^{\alpha(1)}, K_k^\eta = P_k^{\prime\eta}H^T[HP_k^{\prime\eta}H^T + R_k^{\rho(0)}]^{-1}, \\ R_k^\rho &= (1 - \chi_k^\rho)R_k^{\rho(0)} + \chi_k^\rho R_k^{\rho(1)}.\end{aligned}$$

В таблице 1 приведены результаты численного сравнения синтезированных процедур: робастного (алгоритм 1) при неизвестных оценках $R_k^{\rho(1)}$, $R_k^{\alpha(1)}$ и моментах поступления $\chi_k^{\rho(1)}$, $\chi_k^{\alpha(1)}$ аномальных помех; субоптимального (алгоритм 2) и комплексированного (алгоритм 3) рекуррентных фильтров. Сравнение проводилось методом статистического моделирования процесса оценивания при числе реализаций $M=500$. Ошибки измерений по дистанции и угловой координате приняты для основной массы наблюдений равными $R_k^{\rho(0)} = 7,3 м^2$ и $R_k^{\alpha(0)} = 2,5 град^2$. В измерения вводились при $\chi_k^{\rho(1)} = \chi_k^{\alpha(1)} = 0,05$; $0,10$; $0,20$ дисперсии аномальных ошибок по дистанции $R_k^{\rho(1)} = 22,5 м^2$; $45,0 м^2$; $90,0 м^2$ и угловой координате $R_k^{\alpha(1)} = 25 град^2$; $50 град^2$; $100 град^2$. Начальные дистанции до МО задавались в пределах $900-950 м$, а скорость движения ПА принималась $1-2 м/с$. Приведенные в таблице результаты оценивания координат ПА иллюстрируют действенность основной идеи повышения точности положения ПА в сложных сигнально-помеховых ситуациях, заключающейся в комплексировании робастных оценок с весами, зависящими от точности полученных данных.

Таблица – Сравнительные оценки ошибок алгоритмов по точности координат ПА

$R_k^{\rho(1)}$ [$м^2$]	$R_k^{\alpha(1)}$ [$град^2$]	$\chi_k^{\rho(1)}$ $\chi_k^{\alpha(1)}$	Алгоритм 1		Алгоритм 2		Алгоритм 3	
			σ_N^2	σ_E^2	σ_N^2	σ_E^2	σ_N^2	σ_E^2
22,5	25,0	0,05	2.21	2.09	1.85	2.11	1.60	1.74
		0,10	4.31	3.67	2.27	3.04	2.10	2.13
		0,20	4.60	4.20	4.12	4.20	3.48	3.17
45,0	50,0	0,05	4.72	4.81	3.85	3.42	3.21	3.24
		0,10	5.31	4.67	3.37	3.29	3.42	3.31
		0,20	6.36	6.50	4.12	4.54	5.03	4.10
90,0	100,0	0,05	8.72	9.09	7.85	7.02	6.89	6.04
		0,10	11.31	12.67	10.37	11.39	8.10	9.25
		0,20	15.36	14.80	13.12	13.54	12.21	11.14

ЛИТЕРАТУРА

1. Анучин О.Н., Емельянец Г.Н. Интегрированные навигационные системы ориентации и навигации для морских подвижных объектов. – СПб.: ГНЦРФ – ЦНИИ «Электроприбор», 1999.
2. Резниченко В.И., Лапшина В.И. Организация взаимодействия спутниковых и автономных средств морских объектов. – СПб.: ГНИНГИ РФ, 2004.

3. Васильев К.К., Аникин А.А. Калмановское комплексирование и моделирование навигационных систем. – Электронная техника: Межвузовский сборник научных трудов /Под ред. Д.В. Андреева. Ульяновск: УлГТУ, 2005.
4. Башмаков С.В., Красильников Р.В., Сударчиков В.А., Трушенков В.В. Концепция разработки и перспективы развития боевых необитаемых подводных аппаратов // Подводное морское оружие. 2017. Вып.1 (32).
5. Ramazanov M.A. Robust-adaptive filtration of the undersea craft navigation system signals. International Conference on Subsea Technologies 25-28 June, 2007. – Saint-Petersburg.
6. Огарков М.А. Методы статистического оценивания параметров случайных процессов. – М.: Электроатомиздат, 1990.

ГИБРИДНЫЕ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ АВТОНОМНЫХ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ

В статье рассмотрены вопросы структурного анализа существующих гибридных энергетических установок зарубежных необитаемых подводных аппаратов (НПА), предложены методы определения основных параметров и проведено оценивание вероятных параметров различных вариантов гибридных энергетических установок для гипотетического НПА.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день необитаемые подводные аппараты имеют три проблемы: проблему увеличения времени подводного хода, проблему точной навигации и проблему подводной звуковой связи. В рамках данной работы будет рассмотрен один из вариантов решения проблемы увеличения времени подводного хода НПА путём использования в нём гибридной энергоустановки (ГЭУ).

Опыт развития воздухонезависимых установок для неатомных подводных лодок показал, что одним из путей увеличения продолжительности подводного хода примерно с 3-х суток (при использовании аккумуляторной батареи (АБ) до 14, а в перспективе и до 40 суток) является комбинированное использование АБ и электрохимического генератора (ЭХГ). Такие установки называются гибридными.

Подобные схемы реализованы в немецких подводных лодках U-212A и U-214. Аналогичными установками были оснащены отечественные мини-подводные лодки «Пиранья», они заложены в проекты перспективных подводных лодок «Амур».

Схожие работы по ГЭУ проводятся и в других областях техники: в автомобиле-

строении, например «AudiA2H2» (Германия), «HondaFCX» (Япония), «ToyotaMirai» (Япония), «Mercedes-Benz F600 Hygenius» (Германия), «VWTouranHyMotion» (Германия) и т.д.; в авиастроении, например «BoeingPhantomEye» (США), «HyFish» (Германия) и т.д.; в космической технике, например «Gemini» (США), «Apollo» (США), «Буран» (Россия). Подобные установки были реализованы в НПА «Urashima» (Япония) и «DeepC» (Германия). На стадии разработки находится проект миннопоисковой системы длительного функционирования «LMRS» (США) в калибре тяжёлой торпеды.

Из многих возможных типов реагентов батарей топливных элементов (БТЭ) для подводной и космической техники нашли применение системы на основе водородно-кислородной электрохимической системы и системы, использующие в качестве окислителя перекись водорода, а в качестве восстановителя – гидразин (N_2H_4) и некоторые металлы – алюминий, магний, литий. Электроды на основе металлов являются расходными, и такие элементы являются полупроливными.

Фотографии НПА, оснащённых ГЭУ, представлены на рисунках 1–3.



Рисунок 1 – НПА
«Urashima»



Рисунок 2 – НПА
«DeepC»

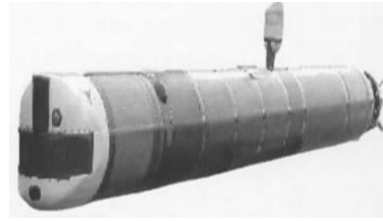


Рисунок 3 – НПА
«LMRS»

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ГИБРИДНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НПА

Укрупнённая структурная схема ГЭ (рисунок 4).

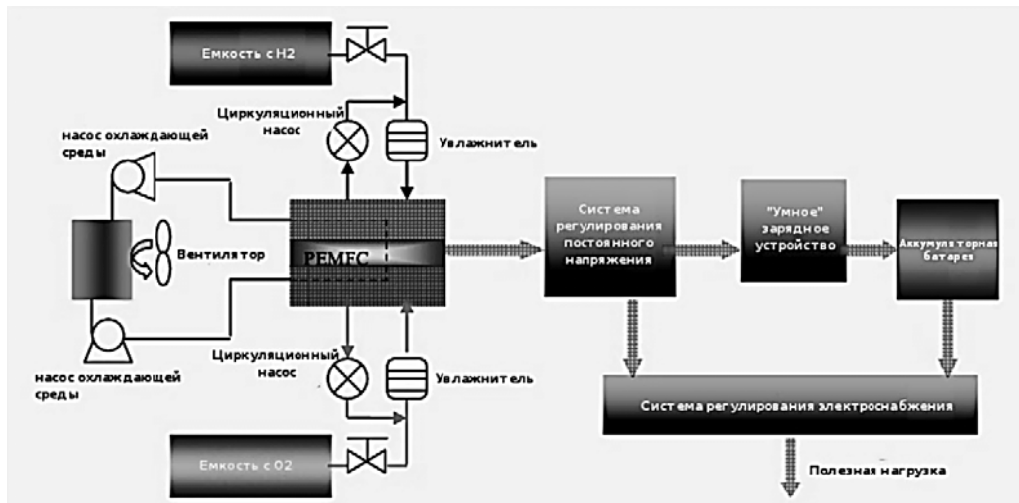


Рисунок 4 – Структурная схема ГЭУ

Из неё можно выделить основные системы и агрегаты, входящие в состав ГЭУ:

- ЭХГ (БТЭ, система хранения и подачи реагентов, система автоматического управления расходом энергокомпонентов и регулирования рабочих давлений, система термостатирования, система отвода и хранения реакционной воды, система рециркуляции водорода и кислорода, система заполнения реагентов, система запуска и остановки, аварийная система);

- силовая АБ (блоки аккумуляторов, система автоматического управления и контроля, система выравнивания давлений

диэлектрической жидкости и забортной воды);

- аварийная АБ;
- общая система автоматического управления ЭХГ и силовой АБ.

В качестве топливных элементов (ТЭ) для НПА в настоящее время наиболее эффективными по энергетическим показателям и приемлемыми в эксплуатации принято считать низкотемпературные водородно-кислородные топливные элементы с протонообменными мембранами PEMFC. Их схематическое устройство представлено на нижеследующих рисунках.

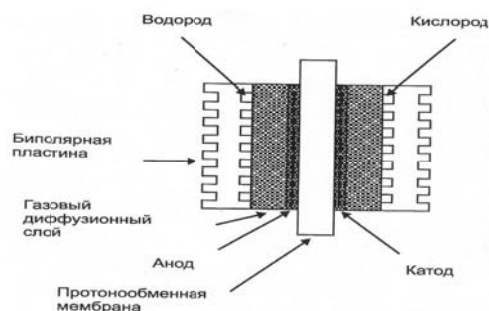


Рисунок 5 – Главные функциональные части PEMFC

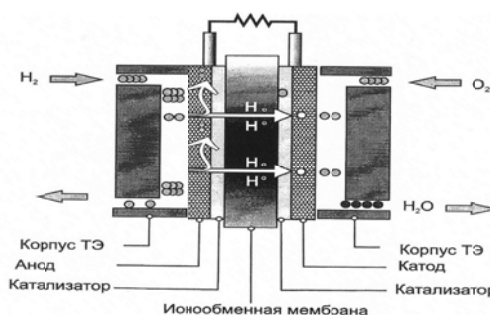


Рисунок 6 – Схема ТЭ с протонообменной мембраной

Конструктивные сборки ТЭ для ПА должны обеспечивать подвод газов активных веществ, отвод тепла (прохождение теплоносителя), активизацию процессов (размещение электрохимического катализатора), отвод продуктов реакции, выдерживать давление газообразных реагентов (1...3 атм), компактное размещение в прочном корпусе (ПК) и минимизацию газо- и гидродинамических сопротивлений

проходных каналов. Поэтому конструкция мембранно-электродного блока (МЭБ) является сложной. На рисунке 7 приведён набор элементов топливной ячейки для четырёхсекционной БТЭ, размещённых параллельно, разработанные в проблемной лаборатории НПА СПбГМТУ. На рисунках 8–9 представлена сама БТЭ и вариант её размещения в ПК.

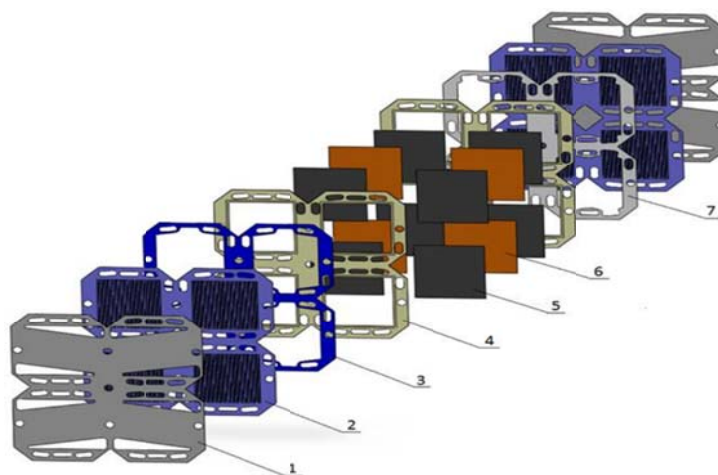


Рисунок 7 – Пример конструктивного исполнения ячейки ТЭ:

1 – каналформирующая пластина боковой охлаждающей камеры; 2 – биполярная каналообразующая пластина; 3 – дистанционирующая каналформирующая пластина по водороду; 4 – боковая пластина мембранно-электродного блока; 5 – напыленный газодиффузионный слой с каталитическим наполнителем; 6 – полимерная протонообменная мембрана; 7 – дистанционирующая каналформирующая пластина по кислороду

Ещё один актуальный вопрос структурного анализа – размещение систем ЭХГ на борту НПА. Первым возможным вари-

антом является размещение систем ЭХГ в ПК при газокompрессорном способе хранения реагентов и возврате реакционной

воды в ПК. Принципиальное решение данного варианта заключается в том, что ЭХГ, предназначенный для работы на воздухе, размещается в ПК подводного аппарата. Недостатком варианта является увеличение массы систем хранения реагентов за счёт массы двух прочных корпусов НПА.

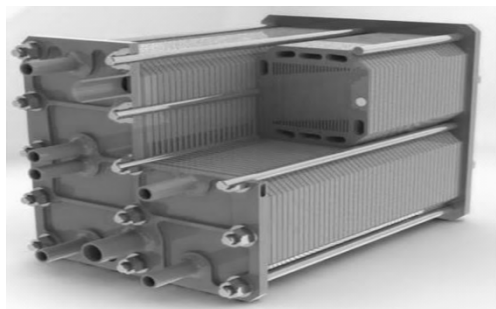


Рисунок 8 – Четырёхсекционная БТЭ ($P_{\text{НОМ}} = 3200 \text{ Вт}$)

Следующим решением является установка с криогенным хранением реагентов. Её структурная схема повторяет вышерассмотренную, отличие заключается в способе хранения реагентов. Криогенное хранение жидкого кислорода и водорода позволяет увеличить плотность кислорода при $P=80 \text{ МПа}$ с $\rho_{\text{O}_2}=0,67 \text{ кг/дм}^3$ до $\rho_{\text{O}_2}=1,142 \text{ кг/дм}^3$ и водорода с $\rho_{\text{H}_2}=0,036 \text{ кг/дм}^3$ (реальный газ) до $\rho_{\text{H}_2}=0,0708 \text{ кг/дм}^3$ и, следовательно, уменьшить объёмы и массы ПК НПА.

Наибольший опыт использования жидкого кислорода и водорода в системах хранения (СХ) для ЭХГ накоплен в энергетических установках (ЭУ) космических аппаратов [1]. Яркими примерами являют-

Положительные моменты связаны с возможностью возврата реакционной воды в ПК хранения реагентов (отпадает необходимость размещения в НПА отдельного ПК для продуктов реакции) и отсутствием нарушения вывески ПА в процессе работы ЭХГ.

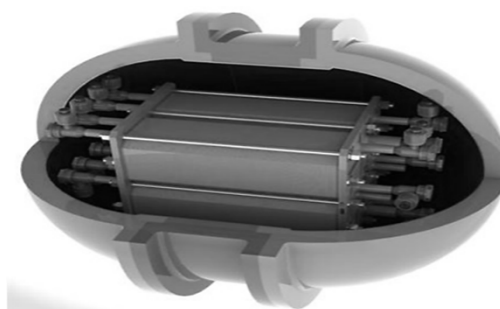


Рисунок 9 – Размещение четырёхсекционной БТЭ внутри ПК

ся американские космические пилотируемые аппараты «*Gemini*» и «*Apollo*», в чьих ЭУ на основе водородно-кислородных ЭХГ было использовано криогенное хранение рабочих тел.

Длительные работы по созданию криогенных систем хранения кислорода и водорода для НПА *LMRS* ведутся в США фирмой *SierraLobo Inc.* [2,3,4]. Ими предполагается оснастить аппарат *LMRS* ЭХГ мощностью 3 кВт.

Кислородный резервуар цилиндрической формы (рисунок 10) имеет наружный диаметр 32 см, длину 94 см и рассчитан для хранения 50 кг кислорода. Масса сухого резервуара вместе с регуляторами давления и клапанами составляет 13,6 кг.



Рисунок 10 – Резервуар для криогенного хранения кислорода (LMRS)

Работы над водородной системой хранения ещё не завершены. В первую очередь это связано с физико-химическими характеристиками вещества. Жидкий водород может находиться в узком интервале температур: от точки кипения 20 К до точки замерзания 17 К, когда он переходит в твёрдое состояние. Это ужесточает требования к применяемой теплоизоляции, её надёжности, особенно при возврате нагретой (353 К) реакционной воды в прочный корпус системы хранения в НПА. Ещё одной важной проблемой, связанной с охрупчиванием материалов и их коррозией, является совместимость конструктивных и уплотнительных материалов с жидким водородом.

Массогабаритные показатели систем хранения водорода при газокompрессорном способе с давлением 80 МПа и криогенном практически не отличаются друг от друга, поэтому имеет смысл использовать комбинированную систему хранения реагентов: водород в газообразном, а кислород в жидком виде.

Ещё одним вариантом является газокompрессорное хранение реагентов в композитных баллонах, размещаемых непосредственно в морской воде. Композитные баллоны на основе лейнеров из хромоникелиевых аустенитных сталей и алюминиевых сплавов с пластиковой намоткой «Армос» в зависимости от толщины и способа намотки армирующих волокон обладают возможностью выдерживать внутреннее давление различных газов до 120 МПа, однако такие баллоны допускают максимальное наружное давление лишь 5...10 МПа.

Таким образом, для НПА, рассчитанного для работы на глубине 6000 м, необходимо остаточное давление в баллонах 50 МПа, компенсирующее внешнее гидростатическое давление и не допускающее разрушения баллона.

При таком способе хранения отпадает необходимость в ПК НПА для размещения систем хранения реагентов, используемых на воздухе. Регуляторы давления и реакционная вода могут размещаться в ПК БТЭ и системы автоматики, размеры которого при этом увеличиваются по сравнению с вышерассмотренным вариантом. На структурной схеме отмечены максимальные величины внутренних давлений освоенных технологий.

Возможен вариант газокompрессорного хранения реагентов в ПК из титанового сплава, размещаемых непосредственно в морской воде. При данном исполнении систем ЭХГ в НПА необходимы 4 ПК из титанового сплава, рассчитанные на рабочее наружное давление в 60 МПа.

Данный способ хранения сопряжён с рядом трудностей. Наличие большого числа ПК из титанового сплава значительно утяжеляют аппарат, снижая удельные энергетические показатели установки. Кроме того, к внутренним поверхностям ПК для хранения реагентов необходимо предъявление особых технологических требований, связанных со свойствами этих газов. Структурные схемы всех рассмотренных способов хранения представлены на рисунках 11–14.

Со стороны АБ наилучшими энергетическими и эксплуатационными показателями для использования в составе ЭУ НПА обладают литий-ионные и литий-гельполимерные аккумуляторы призматической ламинированной фольги. Аккумуляторы в гибком корпусе из ламинированной фольги могут применяться при повышенных давлениях внешней среды, используя корпус в качестве мембраны для выравнивания перепада давлений, одновременно такие аккумуляторы позволяют более рационально использовать объём при компоновке в корпус АБ, чем цилиндрические.

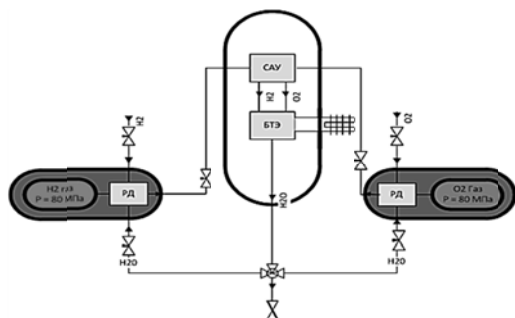


Рисунок 11 – Структурная схема размещения систем ЭХГ в прочных корпусах при газокompрессорном способе хранения реагентов и возврата реакционной воды в прочные корпуса

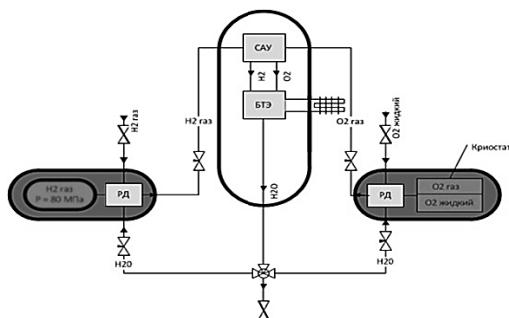


Рисунок 12 – Структурная схема размещения систем ЭХГ при криогенном хранении кислорода и газокompрессорном способе хранения реакционной воды в ПК

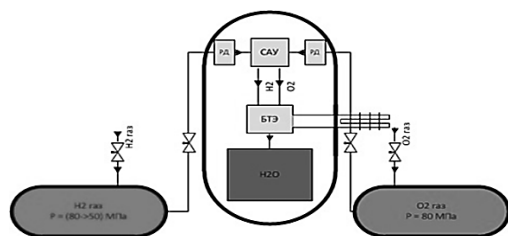


Рисунок 13 – Структурная схема размещения систем ЭХГ в НПА при газокompрессорном способе хранения реагентов в композитных баллонах, размещаемых в морской воде

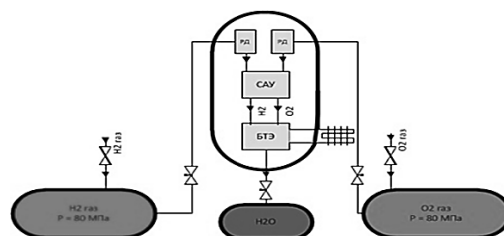


Рисунок 14 – Структурная схема размещения систем ЭХГ в НПА при хранении реагентов в титановых ПК, размещаемых в морской воде

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИБРИДНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК НПА

Варианты реализации БТЭ связаны с выбором трёх определяющих факторов: мощности батареи топливных элементов $P_{БТЭ}$, плотности тока на электродах j и конструктивного оформления батареи, обеспечивающего минимальные размеры прочного корпуса для неё. Необходимые объёмы и массы реагентов напрямую определяются рабочей плотностью тока БТЭ. На рисунках 15–16 для примера приведены характеристические графики для БТЭ мощностью $P_{БТЭ}=3200$ Вт и напряжением $U_{БТЭ}=120$ В.

Анализируя данные графики, следует выделить подход к выбору плотности тока

для БТЭ. Область минимальных расходов энергокомпонентов находится в диапазоне плотностей $j=(0,2-0,3)$ А/см². С увеличением плотности тока снижается электрический КПД БТЭ, увеличиваются расходы H₂ и O₂ на единицу воспроизводимой электрической мощности.

В результате этого, возрастают объёмы и массы систем хранения реагентов, однако массогабаритные характеристики самой батареи при больших плотностях тока уменьшаются, что способствует более компактному её размещению в герметичном корпусе.

Увеличение плотности тока приводит к возрастанию тепловыделений БТЭ, которые необходимо скомпенсировать посредством системы термостатирования. Вместе с тем, избыток тепловыделений

может быть использован в системах газоподготовки, особенно в криогенных системах хранения или системах хранения с высоким давлением. Во всех случаях ре-

шающим фактором при выборе плотности тока является возможность массовой и объёмной реализации ЭХГ в НПА заданной массы и водоизмещения.

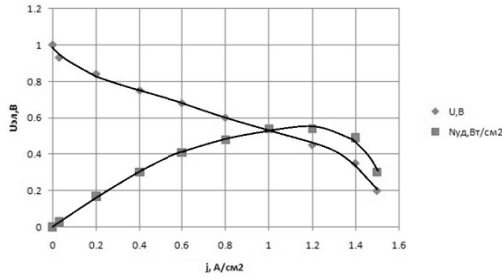


Рисунок 15 – Характеристика ТЭ с протонообменной мембраной (Nafion+Pt40/VulcanXC-72)

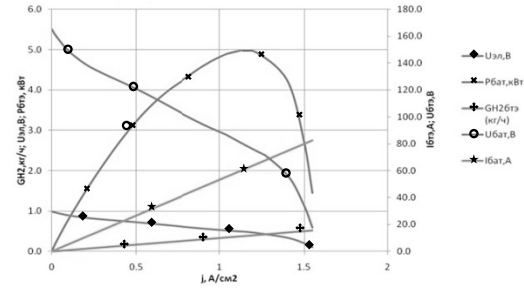


Рисунок 16 – Характеристика БТЭ (P_{ном}=3200 Вт; U_{ном} = 120 В; j_{ном} = 0,5 А/см²)

Ещё одну сложность представляет поиск оптимального соотношения между мощностями ЭХГ и АБ. Этот параметр оценивается степенью (коэффициентом) гибридации.

низкого и высокого (пикового) потребления. ЭХГ обеспечивает постоянную среднюю мощность, используемую для тихходного режима и работы бортового оборудования, а АБ предназначена для выработки пиковой мощности, превышающей её среднее значение. На тихходном режиме аккумуляторная батарея должна подзаряжаться от ЭХГ (этот момент необходимо учитывать при выборе средней мощности, на которую эта батарея рассчитывается).

Под степенью гибридации понимают отношение мощности АБ к полной мощности ГЭУ:

$$K_{\Gamma} = \frac{P_{AB}}{P_{AB} + P_{ЭХГ}} \quad (1)$$

На рисунке 17 представлен профиль мощности ГЭУ. Он состоит из участков

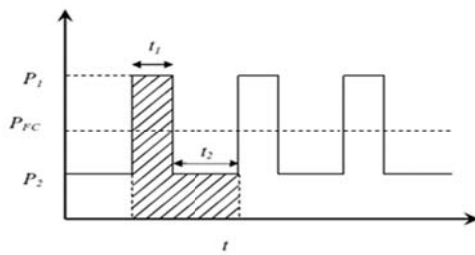


Рисунок 17 – Общий профиль мощности

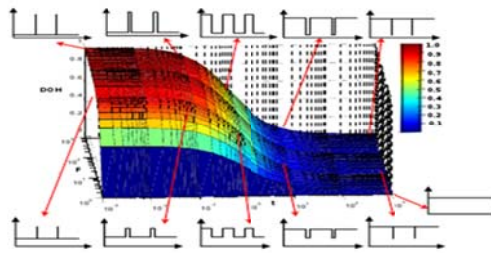


Рисунок 18 – График функции KГ=f(F,T)

Если принять T как отношение времени разрядки аккумуляторной батареи ко времени её зарядки, а F как отношение пиковой мощности к средней мощности, то степень гибридации KГ может быть представлена как функция от F и T:

$$K_{\Gamma} = \frac{F-1}{F(T+1)} \quad (2)$$

На рисунке 18 приведён график KГ=f(F,T), а также виды профиля мощности в зависимости от значения параметров

этой функции. Очевидно, что критическим фактором, обуславливающим K_L , является различие между средним и пиковым значением мощностей. Если на профиле мощности средняя мощность значительно ниже пиковой, то степень гибридизации K_L соответственно будет высока (это означает, что аккумуляторная батарея обеспечивает большую мощность, чем батарея топливных элементов), и наоборот.

Параллельная работа батареи топливных элементов БТЭ и литий-ионной или литий-гельполимерной АБ может иметь несколько схем реализации. Вид выбираемой схемы зависит от конструктивных и энергетических параметров всей энергоустановки, а также от параметров и режимов работы нагрузки.

Классическая схема параллельной работы ЭХГ и li-ion АБ представлена на рисунке 19. Такая схема используется в тех случаях, когда необходимо согласовывать напряжения ЭХГ, АБ и нагрузки. К недостаткам данной схемы можно отнести большое количество DC-DC преобразователей, увеличивающих массу и габариты всего комплекса, относительно сложный

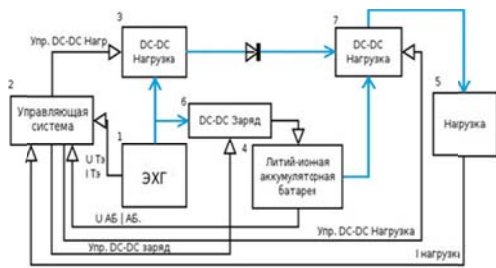


Рисунок 19 – Классическая схема параллельной работы ЭХГ и li-ion АБ

алгоритм системы управления, анализ большого числа данных, большое число каналов управления и высокая стоимость системы управления, к достоинствам – совместимость различных источников энергии по напряжению, оптимальная работа всего комплекса, так как СУ оптимизирует отбор мощности и запас энергии каждого источника и нагрузки.

Замена DC-DC преобразователя (7) диодом (рисунок 20) упрощает схему и позволяет при отборе мощности нагрузкой (5) большей, чем может выдать БТЭ (1) (посредством DC-DC преобразователя (3)), через разделительный диод подключать АБ (4). При такой схеме включения можно снимать значительные пиковые мощности за счёт АБ. Заряд АБ будет осуществляться так же, как и в предыдущей схеме. Если потребляемая мощность в нагрузке (5) меньше отдаваемой БТЭ (4), то СУ (2) включает DC-DC преобразователь (6) заряда АБ (4). В этот момент АБ заряжается. Зарядная мощность соответствует разности мощности потребления и мощности, выдаваемой БТЭ.

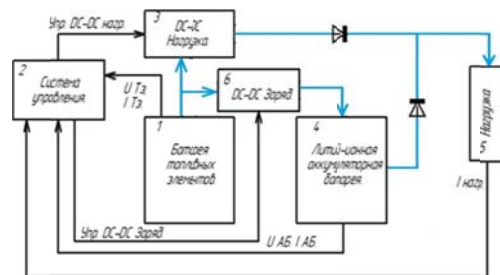


Рисунок 20 – Первый вариант классической схемы

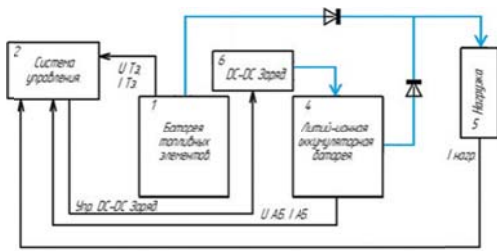


Рисунок 21 – Второй вариант классической схемы

На рисунке 21 БТЭ (1) и АБ (4) работают на общую нагрузку и гальванически развязаны диодами. Работа всей системы и заряд АБ осуществляются по алгоритму, аналогичному алгоритму вышерассмотренной схемы.

На рисунке 22 АБ работает в буферном режиме, что позволяет работать АБ как двухполюсник (в отличие от предыдущих четырёхполюсников), т.е. заряд и разряд осуществляются через два входных провода «+» и «-» АБ. При таком варианте структурная схема системы контроля и управления, входящая в состав АБ и не показанная на рисунках, имеет немного другой вид и алгоритм работы.

Как и в предыдущих вариантах DC-DC преобразователь (3) выдаёт на выходе необходимое напряжение, если отбираемая мощность не превышает установленного предела. При превышении этого предела DC-DC преобразователь (3) переходит в режим стабилизации тока при плавающем напряжении, т.е. в режим отдачи постоянной мощности. При этом напряжение на его выходе понижается до напряжения на АБ, и, если нагрузка потребляет не весь ток DC-DC преобразователя (3), то часть этого тока заряжает АБ. При превышении тока, потребляемого нагрузкой, дополнительная мощность берётся от АБ. СУ (2) может определять момент включения АБ на заряд, или сам заряд может происходить естественным образом при понижении отбираемого тока нагрузкой.

Возможен ещё один вариант, предусматривающий соединение АБ и БТЭ

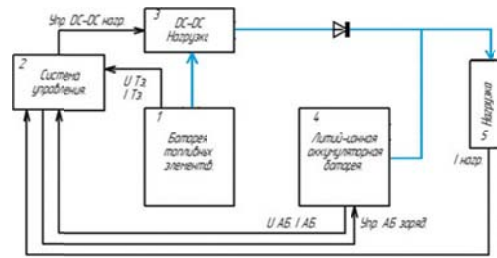


Рисунок 22 – Третий вариант классической схемы

непосредственно, без применения промежуточных DC-DC преобразователей. АБ будет также работать в буферном режиме. В этом случае необходимо точно согласовать напряжения БТЭ и АБ по их вольт-амперным характеристикам, а также режимы их работы, что может быть сложной задачей для реализации. Общая схема будет аналогична схеме третьего варианта, но с исключением DC-DC преобразователя (3) и совмещением СУ (2), с системой контроля и управления АБ.

Из анализа графиков КПД ЭХГ (рисунки 23–24) видно, что стремление минимизировать массу БТЭ путём увеличения плотности тока неоправданно, поскольку приводит к снижению КПД ТЭ и эффективного КПД ЭХГ.

В ЭХГ различной мощности максимальное значение эффективного КПД находится в диапазоне 0,15–0,25 расчётной мощности. Это позволяет выбирать величину расчётной мощности заведомо больше, чем потребляемая системами НПА с тем, чтобы величина номинальной мощности находилась в области, близкой к оптимальной. Пологий характер изменения эффективного КПД позволяет осуществлять работу ЭХГ и при перегрузках. Такая установка имеет резерв мощности и, следовательно, более надёжна. Кроме того, резервирование расчётной мощности необходимо из-за вероятностного характера нагрузки за время выполнения миссии НПА.

Когда мощность (ток), требуемая для нагрузки, находится в области максималь-

ного значения эффективного КПД ЭХГ, нагрузку обеспечивает ЭХГ. При пониженных значениях тока, во избежание резкого падения КПД, производится подзарядка АБ током, величина которого в сум-

ме с током ЭХГ соответствует области оптимальных на-грузок ЭХГ. При повышенных значениях требуемой мощности ГЭУ часть мощности отбирается от АБ.

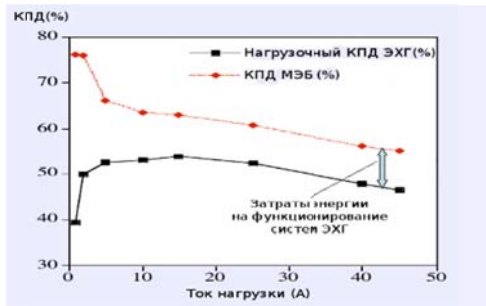


Рисунок 23 – Термоэлектрический КПД БТЭ и эффективный КПД ЭХГ

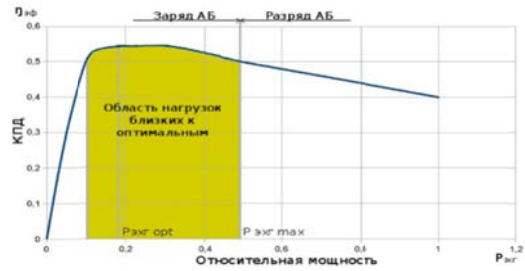


Рисунок 24 – Области выбора мощности ЭХГ и АБ

РАСЧЁТ ПАРАМЕТРОВ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ ГИБРИДНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ГИПОТЕТИЧЕСКОГО НПА

Расчёт был произведён для гипотетического НПА со следующими характеристиками: глубина погружения – 6000 м; скорость – 3 уз на первом режиме и 4 уз на

втором режиме; продолжительность работы 120 часов (5 суток).

Для данного НПА были рассмотрены БТЭ различных характеристик: $P_{БТЭ} = 1800$ Вт, $j = 0,25$ А/см²; $P_{БТЭ} = 3200$ Вт, $j = 0,5$ А/см². Результаты расчёта представлены на нижеследующем рисунке.

	$V_{газ\ хлор}$ дм ³	$V_{криоген}$ дм ³	$V_{жидк}$ дм ³	$M_{газ\ хлор}$ кг	$M_{криоген}$ кг	$M_{жидк}$ кг	$V_{эл}$ дм ³	$M_{эл}$ кг	$W_{эл}$ Втч/кг
Газокомпрессорное хранение реагентов в прочных корпусах НПА (Способ 1)	388	256	38	394	277	39	689	1124	190
Криогенное хранение реагентов в прочных корпусах НПА (Способ 2)	386	296	38	403	305	39	792	1079	200
Газокомпрессорное хранение реагентов в комбинированных баллонах, размещаемых непосредственно в морской воде (Способ 3)	1232	400	162	860	314	169	1913	1853	117
Газокомпрессорное хранение реагентов в прочных титановых корпусах, размещаемых непосредственно в морской воде (Способ 4)	701	246	88	928	348	116	1232	1926	114

	$V_{газ\ хлор}$ дм ³	$V_{криоген}$ дм ³	$V_{жидк}$ дм ³	$M_{газ\ хлор}$ кг	$M_{криоген}$ кг	$M_{жидк}$ кг	$V_{эл}$ дм ³	$M_{эл}$ кг	$W_{эл}$ Втч/кг
Газокомпрессорное хранение реагентов в прочных корпусах НПА ($P_{БТЭ} = 1800$ Вт; $j = 0,25$ А/см ²)	388	256	38	394	277	39	689	1124	190
Газокомпрессорное хранение реагентов в прочных корпусах НПА ($P_{БТЭ} = 3200$ Вт; $j = 0,5$ А/см ²)	961	64	39	1000	693	41	1680	2647	145
Криогенное хранение реагентов в прочных корпусах НПА ($P_{БТЭ} = 1800$ Вт; $j = 0,25$ А/см ²)	386	296	38	403	305	39	792	1079	200
Криогенное хранение реагентов в прочных корпусах НПА ($P_{БТЭ} = 3200$ Вт; $j = 0,5$ А/см ²)	963	170	39	1000,6	700,4	40,8	1839	2212	177

Рисунок 25 – Результаты расчёта ЭХГ при различных способах хранения реагентов и БТЭ с различной мощностью и плотностью тока

Как видно из результатов расчёта, наилучшими показателями обладают способы газокомпрессорного и криогенного хранения реагентов в ПК НПА. Для этих двух способов были рассмотрены два варианта батарей.

ВЫВОДЫ

ГЭУ в составе ЭХГ и АБ позволяют увеличить время подводного хода НПА, а также обладают высокими удельными энергиями $W_m = 110\text{--}200$ Втч/кг на глубинах хода до 6000 м и $W_m = 400\text{--}450$ Втч/кг на глубинах хода до 1000 м, что особенно важно для аппаратов военного назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Подшивалов С. А., Иванов Э. И., Муратов Л.И. и др. Энергетические установки космических аппаратов / Под общ. ред. Д.Д. Невяровского и В.С. Викторова. – М.: Энергоиздат, 1981.
2. Haberbusch, Mark S.; Stochl, Robert J.; Nguyen, Chinh T.; Culler, Adam J.; Wainright, Jesse S.; Moran, Matthew E./ *Rechargeable Cryogenic Reactant Storage and Delivery System for Fuel Cell Powered Underwater Vehicles* / Autonomous Underwater vehicles Workshop, San Antonio, Texas, June 2002.
3. Bradley N. Stoops, Chinh T. Nguyen, Mark S. Haberbusch./ *Multifunctional Cryogenic Power System for Unmanned Underwater Vehicle 2004*/ www.sierralobo.com.
4. Haberbusch, Mark S. / *Advanced Liquid Oxygen System Enables Fuel Cell Powered Undersea Vehicles*. <http://www.sierralobo.com/technology/storage.shtml> (accessed June 2005).
5. Боженков Ю. А., Шаманов Д. Н. Гибридные электроэнергетические установки подводных аппаратов. СПбГМТУ. 2012.
6. Шаманов Д. Н., Калмыков А. Н. Электрохимические транспортные энергоустановки с водородным топливом: Монография. СПбГМТУ. 2006.
7. Griffiths, G. Energy and Power for AUVs: batteries or fuel cells? / Proceedings UUVS 2004, Southampton, Spearhead Exhibitions Ltd.
8. Griffiths, G., Jamieson, J., Mitchell, S. and Rutherford, K. Energy storage for long endurance AUVs / Proceedings ATUV 2004 conference, IMarEST, London, 16-17 March 2004, pp. 8-16.
9. Haberbusch, Mark S.; Stochl, Robert J.; Nguyen, Chinh T.; Culler, Adam J.; Wainright, Jesse S.; Moran, Matthew E./ *Rechargeable Cryogenic Reactant Storage and Delivery System for Fuel Cell Powered Underwater Vehicles* / Autonomous Underwater vehicles Workshop, San Antonio, Texas, June 2002.
10. Shojiro Ishibashi et al., An Ocean Going Autonomous Underwater Vehicle “Urashima” equipped with a Fuel Cell, IEEE, 0-7803 – 8541, 2004, p.209–214.
11. Toshio Maeda et al., Development of Fuel Cell AUV “Urashima”, Mitsubishi Heavy industries, Ltd. Technical Review Vol. 41 №6 December 2004.
12. Willi Hornfeld. “DeepC”, the German AUV Development Project, <http://www.deepc-auv.de/deepc/bibliothek/pdf>.
13. Willi Hornfeld. “DeepC”, the AUV for Ultra-Deep Water. STN ATLAS Elektronik GmbH, <http://www.deepc-auv.de>.

УДК 681.883.623

*Д. т. н. В.Л. МАРТЫНОВ,
к. т. н. А.А. ФАТЕЕВ, А.С. ГОЛОСНОЙ*

СПОСОБ МОНИТОРИНГА МОРСКОЙ СРЕДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПТОВОЛОКОННОЙ ЛИНИИ

В статье рассмотрен способ, позволяющий производить контроль характеристик водной среды в глубоководных районах, удаленных на сотни километров от береговой черты. Способ основан на реализации оптоэлектронных технологий.

Освоение водных акваторий Арктического шельфа является одной из важных задач экономического развития России. Мониторинг подводной инфраструктуры целесообразно связать с задачами добывания информации об аномалиях, вызванных обнаружением киль-ватерного следа подводных объектов, в том числе морских робототехнических комплексов. Остановимся на рассмотрении рисков, основанных на угрозах экологической безопасности морской среды вследствие разработки месторождений нефти и газа. Здесь следует отметить, что добыча углеводородов с использованием морских добывающих установок связана с повышенными экологическими рисками. Задача усложняется и тем, что буровые установки обычно размещены на удалении десятков километров от береговой черты. Утечка углеводородов приводит к появлению в месте аварии турбулентных явлений, которые в идеале требуется обнаружить непосредственно в момент возникновения. В настоящее время для этого, как правило, используются электропроводимость и температура морской среды.

Известен способ мониторинга электропроводимости приповерхностного слоя морской среды на глубинах до 100 м с помощью буксируемой кабельной зондирующей системы [1]. Физической основой подобных решений является анализ амплитуды сигнала обратного рассеивания при прохождении зондирующего импульса по коаксиальному кабелю с встроенными в него датчиками электропроводимости [2,3]. Дат-

чик представляет собой специально выполненный кольцевой разрыв внешней оболочки коаксиального кабеля (рисунок 1).

Истекающие из скважины или технологических трубопроводов под высоким давлением углеводороды вызывают турбулентное движение морской среды, которое приводит к изменению электропроводимости и фиксируется в виде изменения амплитуды отраженного от датчика сигнала.

Таким образом реализована возможность установить соответствие значений электропроводимости морской среды и амплитуды отраженного от датчика зондирующего сигнала.

Данный способ мониторинга разработан для анализа слоя морской среды на глубинах до 100 м и для глубин более 100 м не применим. Кроме того, способ предполагает использование корабля – буксировщика кабельной системы, что значительно ограничивает возможность практического использования способа по метеоусловиям, а также существенно увеличивает стоимость процесса получения информации.

Вместе с тем, ряд практических задач мониторинга морской среды требует получения информации на больших глубинах и значительных удалениях от береговой черты.

В работе [4] предлагается установить кабельную систему стационарно на донной поверхности. При этом делается предположение, что использование в качестве генератора и приемника сигналов типового

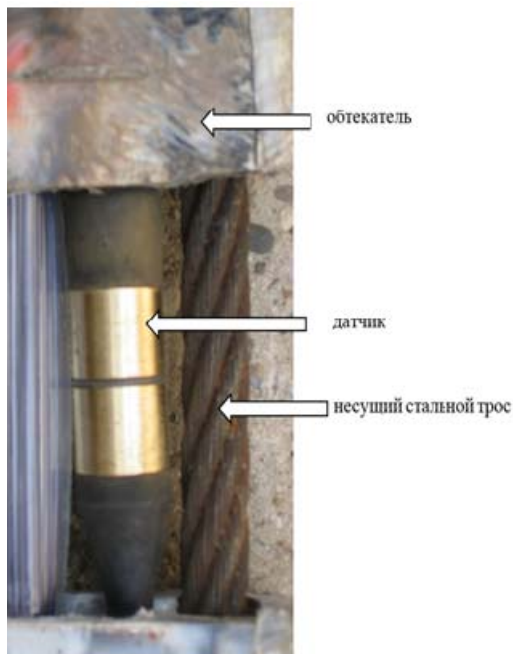


Рисунок 1 – Внешний вид датчика электропроводимости в конструкции буксируемой коаксиальной кабельной линии

промышленного рефлектометра, предназначенного для обнаружения дефектов в кабелях связи, позволит увеличить длину кабельной коаксиальной линии до 60 км. Однако при этом не учитывается тот факт, что увеличение длины кабельной коаксиальной линии требует установки соединительных герметичных муфт через каждые 250 м, поскольку кабель такого вида производится бухтами указанной длины. На соединительных муфтах неизбежны потери мощности, которые существенно сократят возможности рефлектометра по дальности обнаружения искусственных дефектов кабельной линии. Кроме того, встает вопрос о предельно возможном количестве датчиков в линии, т.к. каждый датчик является по сути «поглотителем» полезного зондирующего сигнала. Таким образом, подобный подход не позволяет решить задачу мониторинга электропроводимости морской сре-

ды на дистанциях более 60 км от береговой черты и на глубинах более 100 м.

Решить такую задачу авторы предлагают на основе использования инновационных, а именно оптоволоконных технологий. Способ предполагает создание трех основных устройств:

- генераторная часть, содержащая необходимые элементы для выработки и послыски в оптоволоконный кабель зондирующего импульса;

- приемная часть, содержащая элементы выделения, хранения и отображения параметров отраженных от датчиков сигналов;

- кабельная часть, содержащая непосредственно оптоволоконный кабель с установленными на нем датчиками электропроводимости.

Первые две задачи на этапе апробации способа могут быть решены с использованием серийного промышленного рефлектометра, предназначенного для диагностики качества работы оптоволоконного кабеля. На современном этапе такие рефлектометры, например [5], позволяют наблюдать на мониторе рефлектограмму и записывать в блок памяти, наряду с другими параметрами, амплитуду отраженных от датчиков сигналов и удаление датчика от генератора. Предельная дальность обнаружения неоднородностей оптоволокна для промышленного рефлектометра составляет 200 км, что значительно превосходит возможности электрического рефлектометра. Изменение амплитуды отраженного от датчика сигнала – искомая величина, может быть получена дополнительной программной обработкой, что не вызывает проблем, поскольку рефлектометр имеет USB-порт, через который из базы измерений можно выделить необходимые данные для анализа амплитуды отраженных сигналов.

Техническая реализация способа (рисунок 2) предполагает стационарное использование устройства.

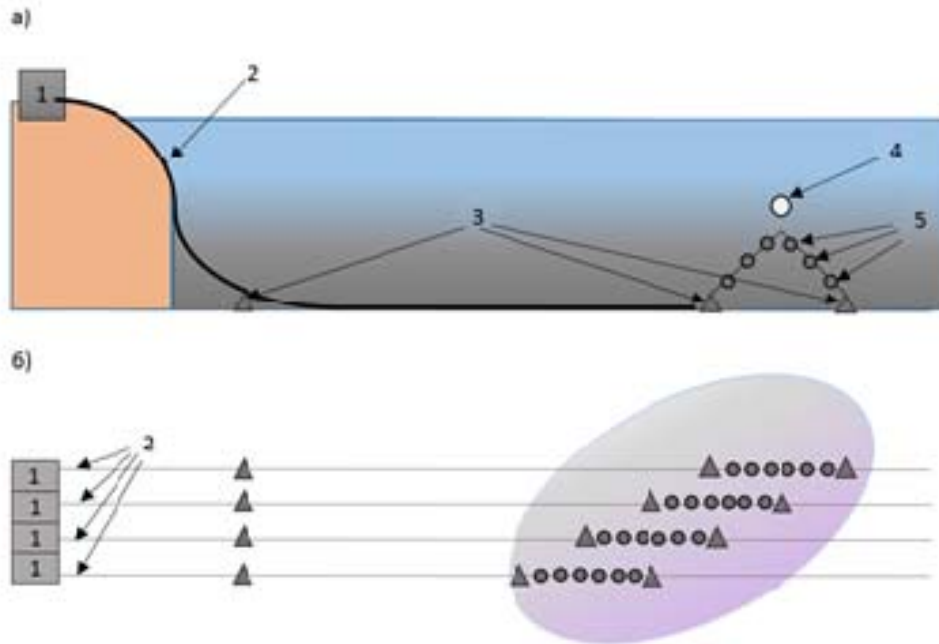


Рисунок 2 – Реализация способа дистанционного контроля безопасности эксплуатации стационарных морских систем добычи углеводородов:

а) вид сбоку; б) вид сверху

Здесь: 1 – генераторная часть; 2 – оптоволоконный кабель; 3 – якоря – фиксаторы кабельной трассы; 4 – поплавок; 5 – оптоволоконные датчики электропроводимости среды

Генераторная часть размещена на берегу, кабель фиксируется на дне с помощью утяжелителей, датчики электропроводимости встроены в кабель и установлены на необходимую глубину с помощью поплавков. Увеличение площади и объема контролируемого участка морской среды производится путем увеличения количества устройств.

Другой способ мониторинга морской среды для обнаружения возникших в результате выброса углеводородов её неод-

нородностей заключается в использовании волоконно-оптических линий связи (ВОЛС). Для этого предварительно в ВОЛС технологически формируют области с различными значениями показателя преломления $n_{эфф}$. Эти области создаются в результате облучения оптоволоконна лазерным излучением ультрафиолетового диапазона, в результате чего образуются так называемые решётки Брэгга (рисунок 3).

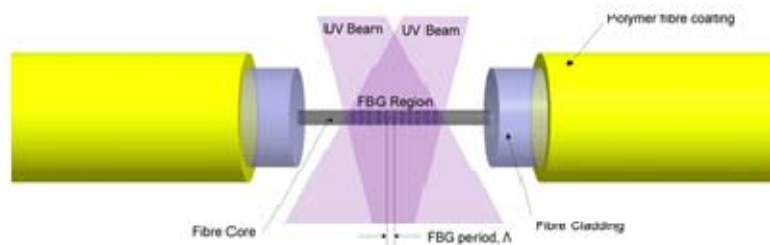


Рисунок 3 – Технология образования решёток Брэгга

Для реализации предложенного авторами способа решётки Брэгга облучаются световым потоком в оптическом диапазоне длин волн $\Delta\lambda$, равным 380...770 нм. Все эти волны, за исключением одной, пропускаются ею к электромеханическим

преобразователям сейсмического приёмника гидрофонного типа. Полное отражение претерпевает лишь одна волна, длину которой можно назвать λ_B – длиной волны Брэгга (рисунок 4):

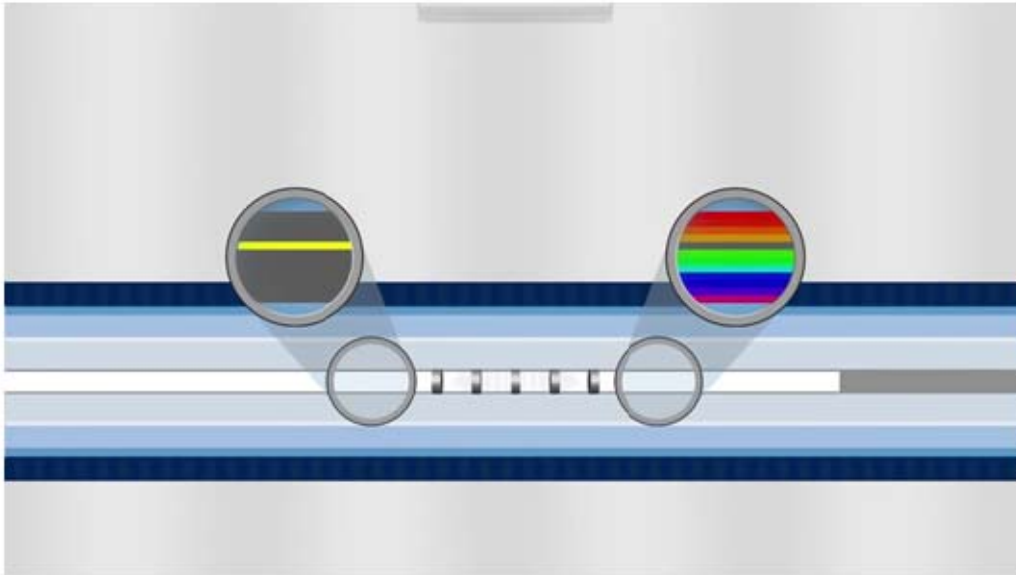


Рисунок 4 – Принцип функционирования решёток Брэгга

В соответствии с рисунком 4 полное отражение имеет световое излучение, длина которого соответствует жёлтому спектру. В свою очередь, длина отражённого светового потока зависит от периода брэгговской решётки, на величину которого оказывает прямое влияние внешняя среда.

Из сказанного следует, что турбулентные явления, как индикатор утечки углеводородов в морскую среду, способны деформировать ВОЛС, оказывая влияние на величину периода решётки Брэгга в оптоволокне. Зависимость длины волны Брэгга от деформации описывается уравнением

$$\lambda_B = 2 \cdot n_{эфф} \cdot d, \quad (1)$$

где $n_{эфф}$ – эффективный показатель преломления света в волокне решётки Брэгга

после деформации; λ_B – длина волны Брэгга; d – расстояние между интерференционными максимумами в оптоволокне решётки Брэгга, соответствующее её периоду.

Итак, отличительной особенностью решётки Брэгга является её способность быть оптическим (световым) фильтром: из широкого спектра длин волн область вариаций показателя преломления пропускает весь свет, кроме одной длины волны, называемой длиной волны Брэгга (брэгговской длиной волны), для которой выполняется условие (1).

Даже слабая модуляция показателя преломления является достаточной для достижения почти полного отражения длины волны Брэгга λ_B , входящего составной частью в падающий световой поток.

Таким образом, способ обеспечивает высокую достоверность фиксации турбулентных явлений морской среды, вызванных утечкой углеводородов.

ВЫВОДЫ

Итак, задача мониторинга морской среды в глубоководном удаленном районе может быть решена предлагаемым способом, исключающим большие материальные издержки, причём её выполнение может быть реализовано в сжатые сроки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ляпин К.К. Проблема освещения надводной и подводной обстановки. Военная радиоэлектроника: опыт использования и проблемы подготовки специалистов. Ч. 1 // 24 Межвузовская научно-техническая конференция. Петродворец. 2013.
2. Иванов В.В., Ляпин К.К. Развитие гидрофизических методов и средств исследования многомасштабных пространственно-временных параметров морской среды. Военная радиоэлектроника: опыт использования и проблемы подготовки специалистов. Ч. 1 // Научно-техническая конференция. ВМирЭ. 2008.
3. Патент №2175449 от 27.10.2001г. Устройство для обнаружения турбулентных пятен в морской среде.
4. Воробьев А.Н., Фатеев А.А. Способ удаленного мониторинга гидрофизических характеристик водной среды в целях контроля протяженных подводных трубопроводов. Актуальные проблемы военной науки и политехнического образования ВМФ. Ч. 3 // Межведомственная научно-техническая конференция. ВМПИ. 2016.
5. Рефлектометр оптический «Гамма-Люкс». Государственный реестр №40717. Свидетельство об утверждении типа средств измерений RUC.37/003/АН№35446; производитель ООО «Связьприбор», Тверь; www.svpribor.ru.

УДК 621.865.8(204.1): 621.398

*Д.т.н. В.Л.МАРТЫНОВ, канд. воен. наук Ю.А. НЕКИПЕЛОВ,
канд. воен. наук А.А. РЕПИН, канд. воен. наук В.А. СУДАРЧИКОВ*

СПОСОБ УВЕЛИЧЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ ПОДВОДНОГО ВИДЕНИЯ ТЕЛЕВИЗИОННЫМИ СИСТЕМАМИ МОРСКИХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

В статье рассмотрен способ увеличения дальности видения объектов телевизионными системами морских робототехнических комплексов.

Дальность видимости объектов подводными телевизионными системами морских робототехнических комплексов (МРТК) зависит от многих факторов, среди которых – прозрачность воды, технические характеристики телекамер, подводные световые приборы, обеспечивающие проведение съёмки подводных сюжетов.

Если при проектировании системы подводного видения ориентироваться на

малый угол зрения телекамеры, то это уменьшит влияние обратного рассеяния света системы подсветки, улучшит контраст изображения и повысит модуляцию телевизионного сигнала.

Сказанное подтверждается анализом результатов подводных съёмок [1], что следует из фото на рисунке 1.

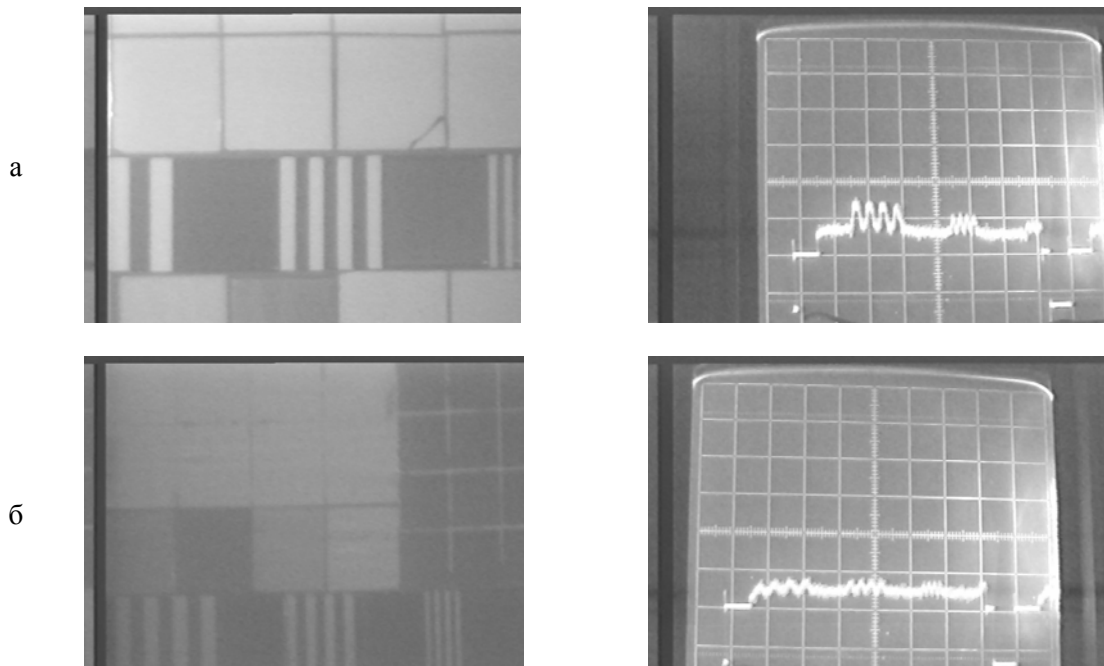


Рисунок 1 – Изменение модуляции объекта, вызванное изменением его контраста

Приведённые фотографии показывают, что изображению с более высоким

контрастом (рисунок 1а) соответствует осциллограмма с более высоким коэффици-

ентом модуляции. И наоборот, изображению низкого контраста (рисунок 1б) соответствует осциллограмма с низким коэффициентом модуляции. Для детального рассмотрения такого объекта необходимо уменьшать расстояние до него.

Необходимо, однако, отметить, что с уменьшением угла поля зрения телекамеры обзор пространства по фронту снижается. В связи с этим, предлагается способ уве-

личения дальности подводного видения с одновременным расширением полосы наблюдения. Он заключается в том, что обследование грунта необходимо осуществлять не одним телевизионным каналом с широким полем зрения, а несколькими телевизионными каналами с перекрытием, имеющими узкие углы полей зрения, что показано на рисунке 2.

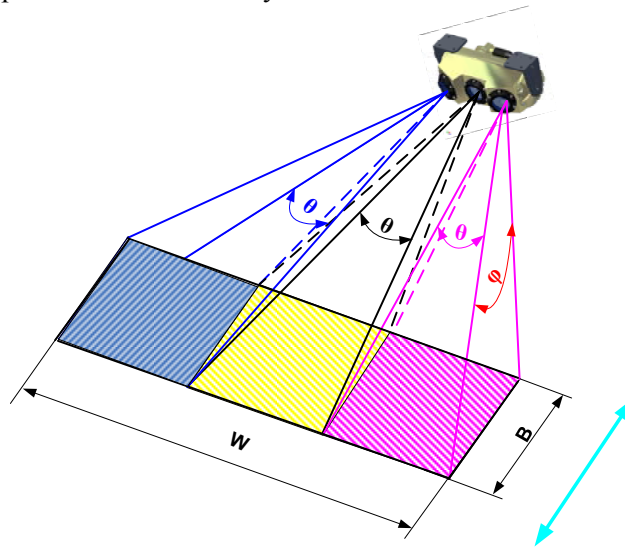


Рисунок 2 – Увеличение зоны обзора по фронту при использовании трех телевизионных каналов

Этот рисунок указывает выбор направления работ по увеличению дальности подводного видения, который заключается в расчете и конструировании многоканальной телевизионной телекамеры, имеющей упреждение в дальности видимости по сравнению с применяемыми на МРТК РФ аналогами. Сейчас на научно-исследовательских МРТК РФ применяются телекамеры с углами полей зрения порядка $\theta \approx 40^\circ$. Заменяв такую одноканальную телекамеру на трехканальную с углами полей зрения $\theta^* = 20^\circ$, увеличиваем и дальность видимости, и полосу просмотра по фронту.

Все каналы при этом работают одновременно, автоматически адаптируясь к фоноцелевой ситуации в наблюдаемом секторе за счет реализации функции при-

вязки по черной точке. За счет этого резко повышается помехозащищенность отображаемой информации и, как следствие, вероятность обнаружения объектов поиска.

Каналы имеют высокую пространственную разрешающую способность, благодаря чему обеспечивается большой объем и качество получаемой информации в реальном масштабе времени. Обработка видеосигналов, основанная на технологиях в области обработки информации, позволит достоверно классифицировать объект поиска на дальностях, превышающих традиционный порог видимости современных телевизионных средств в $0,7z_6$. Эти технологии базируются на преобразовании сигналов, получаемых от каждого из каналов, в цифровой вид.

Цифровая обработка видеосигнала позволит производить компенсацию неравномерности фона изображения, а также устранять дефекты датчика видеосигнала (телевизионной передающей матрицы), осуществлять накопление сигнала и его контрастирование, что особенно эффективно при работе с малоконтрастными или сильно зашумленными изображениями.

Реализация перечисленных возможностей ориентирована на внедрение для исследования шельфа Мирового океана многоканальной поисковой телекамеры. Умелое сочетание телевизионных средств, осветительных установок и гидролокаторов бокового обзора сформирует интегрированную поисковую систему, обеспечивающую значительное расширение поисковых возможностей подводной техники.

Использование нескольких телевизионных каналов для формирования суммарного телевизионного кадра передает яркость мелких малоконтрастных деталей практически без потерь их контраста в телевизионном информативном канале. Например, использование четырех телевизионных каналов для формирования суммарного телевизионного кадра дает возможность передавать яркость мелких малоконтрастных деталей размером 0,025 м при дальности до объекта 20 м практически без потери их контраста в телевизионной аппаратуре [2].

Однако при большом количестве каналов возникают трудности в восприятии оператором видеоизображений, так как каждый телевизионный канал должен обслуживать свой монитор. Поэтому наиболее оптимальным является наличие трех телевизионных каналов.

Многоканальная телевизионная система с узкими фиксированными полями зрения матрицы каждого канала (порядка

$\theta=20^\circ$), образующими единое поле зрения телевизионного информативного канала, увеличит темп поступления видеоинформации при сохранении высокой разрешающей способности, расширит полосу обзора пространства. Сигнал от каждой фотоприемной матрицы многоканальной телекамеры передается по параллельным каналам, где он (сигнал) предварительно обрабатывается и формируется (например контрастируется), затем записывается в единое оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) в соответствии с адресом (координатами данной матрицы в поле зрения комплекса).

Применение встроенных в телекамеру видеопроцессоров устранит негативное влияние всех видов помех не в стойке обработки, а непосредственно в самой телевизионной камере. Это улучшит фрагменты изображений.

Такое построение телевизионного информационного канала сформирует широкий угол обзора с задаваемым разрешением с помощью узкоугольных камер и обеспечит детальный просмотр любого видеосюжета с помощью вариофокальной оптики.

Проведена проработка внешнего вида многоканальной телекамеры, которая представлена на рисунке 3.

На телекамере установлены крепления для дистанционного сканирования по азимуту. На рисунке 4 показана работа многоканальной камерной установки.

Для оценки эффективности использования многоканальной камерной установки в ИПС (интегрированная поисковая система) определим дальность видимости одного канала, имеющего угол поля зрения $\theta = 20^\circ$.

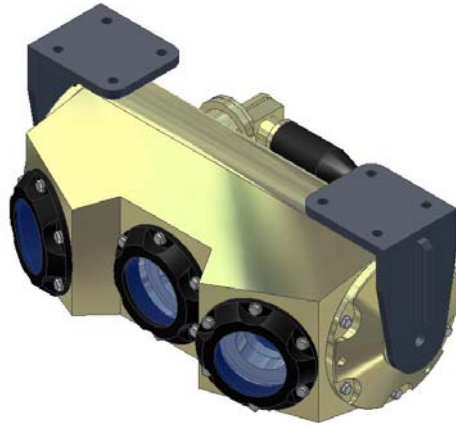


Рисунок 3 – Многоканальная телекамера

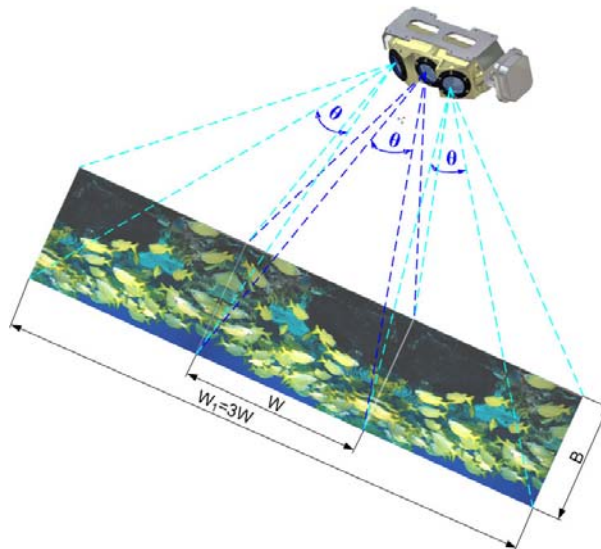


Рисунок 4 – Работа многоканальной телекамеры

Для расчета применена формула, описывающая передачу изображения в рассеивающей среде [3, 4].

$$D_{пред.}(\theta) = \frac{f_{об.}(\theta) \cdot H_{кр.}}{\zeta}, \quad (1)$$

где $D_{пред.}(\theta)$ – предельная дальность видимости в зависимости от угла поля зрения ω (радианы); $f_{об.}(\theta)$ – фокусное расстоя-

ние объектива; ζ – проекция объекта наблюдения на плоскости ПЗС (приборы с зарядовой связью) матрицы; $H_{кр.}$ – критический размер объекта наблюдения. Это – минимальный размер его характерной детали, существенной для восприятия объекта (например хвостовая оконечность находящихся на дне водной акватории вертолета, крыла самолета и так далее).

Проекция ζ критического размера $H_{кр.}$ объекта, в качестве которого представлена эквивалентная штриховая мира на

плоскости ПЗС матрицы, иллюстрируется на рисунке 5.

Под эквивалентной штриховой мирой понимают плоскую прямоугольную форму, высота которой равна критическому размеру объекта $H_{кр.}$ (при двумерном восприятии), а длина соответствует размеру объекта в направлении, перпендикулярном $H_{кр.}$. При этом уже упоминалось, что $H_{кр.}$ – это минимальный размер, по которому объект поиска можно классифицировать.

Величина $f_{об.}(\theta)$ из формулы (1) может быть выражена следующим образом:

$$f_{об.}(\theta_{ТВ}) = \frac{l_{стр.}}{2 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\theta_{ТВ}}{2}\right)}, \quad (2)$$

где $l_{стр.}$ – длина строки ПЗС матрицы. Соотношения длины строки и кадра определяется из размера матрицы. Эти параметры для 1/2" матрицы составляют (6,4×4,8) мм, а для 1/3" матрицы соответственно – (4,8×3,6) мм. Выберем для расчетов $l_{стр.} = 6,4$ мм.

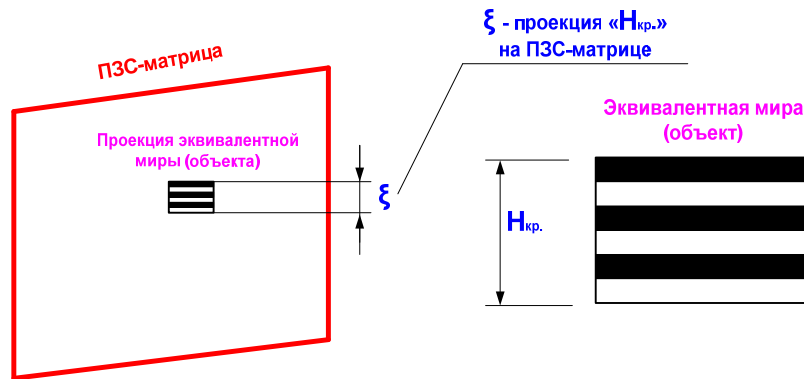


Рисунок 5 – Проекция ζ критического размера $H_{кр.}$ объекта на ПЗС-матрице

В свою очередь проекция ζ критического размера $H_{кр.}$ из формулы (1) определяется выражением

$$\zeta = \Delta_{стр.} \cdot N, \quad (3)$$

где N – количество элементов ПЗС матрицы, которые приходятся (укладываются) на проекции ζ критического размера $H_{кр.}$ эквивалентной миры, попадающей на плоскость матрицы, в зависимости от вероятности восприятия объекта (обнаружение, идентификация, опознавание, классификация и так далее) в соответствии с рисунком 5; $\Delta_{стр.}$ – размер проекции элемента разло-

жения телевизионного изображения на матрице. Он определяется из формулы

$$\Delta_{стр.} = \frac{l_{стр.}}{Z_{ТВ}}, \quad (4)$$

где $Z_{ТВ}$ – четкость изображения в телевизионных линиях.

В формуле (4) неизвестной величиной является четкость $Z_{ТВ}$ – число телевизионных линий по строке. Величина $Z_{ТВ}$ зависит, в свою очередь, от значения контраста объекта поиска $K_{об.}$. Поэтому, определив $K_{об.}$, находят четкость $Z_{ТВ}$.

Контраст объекта наблюдения вычисляется по формуле

$$K_{об.} = \frac{L_{\max, \text{белая}} - L_{\max, \text{черная}}}{L_{\max, \text{белая}}}, \quad (5)$$

где $L_{\max, \text{белая}}$ – максимальная белая яркость для объекта наблюдения; $L_{\max, \text{черная}}$ – максимальная черная яркость для объекта наблюдения.

Данные [5], полученные в ФГУП «Научно-исследовательский институт телевидения» (Санкт-Петербург) показывают, что контрасту объекта, равному $K_{об.}=1$, соответствует четкость $Z_{ТВ}=450$ элементов разложения по строке при отношении «сигнал/помеха» $\psi=10$ и вероятности обнаружения $P_{обн.}=0,5$. Вычисляя контраст наблюдаемого объекта по формуле (5), находим четкость $Z_{ТВ}$.

Окончательно предельная дальность видимости может быть выражена формулой

$$D_{пред.}(\theta_{ТВ}) = \frac{H_{кр.} \cdot Z_{ТВ}}{2 \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\theta_{ТВ}}{2}\right) \cdot N}. \quad (6)$$

Таким образом, для расчета применена математическая модель передачи изображения в рассеивающей среде – выражение (6), учитывающая размеры объекта наблюдения $H_{кр.}$, угол поля зрения телекамеры θ , размер фотодетектора – ПЗС матрицы $l_{стр.}$, четкость изображения $Z_{ТВ}$, характер восприятия N объекта поиска (обнаружение, опознавание, идентификация и так далее) в соответствии с критерием Джонсона [6].

Для нахождения значения N авторы распространили критерий Джонсона на проведение расчетов восприятия объектов (обнаружение, различение, опознавание) и построение графиков в соответствии с рисунком 6 [3].

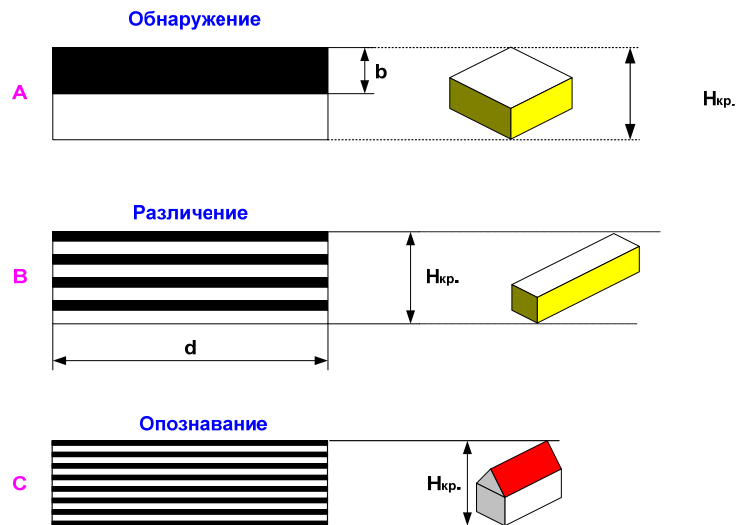


Рисунок 6 – Уровни восприятия по критерию Джонсона

Критерий Джонсона устанавливает различные уровни восприятия объектов, при этом число уровней зависит от установки на поиск, то есть от поставленной задачи. Сегодня, например, американские

гидрооптики применяют более десяти уровней восприятия.

Кроме того, на ПА необходимо задаваться вероятностью выполнения заданного уровня восприятия, например вероятно-

стью обнаружения объекта $P_{обн.}$ или вероятностью его опознавания $P_{оп.}$, и так далее.

Джонсону на основании статистической обработки результатов большого числа экспериментов удалось установить связь между характеристиками систем видения при наблюдении стандартных тест-объектов и качеством видения в реальных условиях. На примере военных транспортных средств Джонсон сравнил способность наблюдателя разрешать изображение миры (теста) с его способностью обнаруживать,

различать и опознавать реальные объекты. Для проведения экспериментов применялась эквивалентная мира (тест).

В результате каждому уровню видения Джонсон поставил в соответствие число разрешаемых полупериодов эквивалентной штриховой миры, укладываемых в пределах критического размера объекта. Эти данные, называемые критериями Джонсона, приведены в таблице 1 [7].

Таблица 1 – Критерии Джонсона

Уровень видения	Значение	Число разрешаемых полупериодов штриховой миры на минимальном (критическом) размере наблюдаемого объекта
Обнаружение	Объект появляется в поле зрения	$2 \pm 0,5$
Определение ориентации	Оператор различает форму объекта и определяет его ориентацию	$2,8 \pm 0,8$
Различение	Оператор классифицирует объект (например как конус, кабель, бочку и так далее)	$8,0 \pm 1,6$
Опознавание (идентификация)	Оператор в пределах своих знаний устанавливает тип объекта (например определяет, что наблюдает; например крейсер, а не тральщик)	$12,8 \pm 3$

Из таблицы 2 следует, что объект обнаруживается (то есть устанавливается факт появления его в поле зрения) тогда, когда на его минимальном размере разрешаются два полупериода штриховой миры, Сказанное соответствует рисунку 6А

Соответственно, различение объекта (то есть классификация, например транспортного средства, такого как грузовой автомобиль, трактор, танк и тому подобное) возможна, если на критическом размере разрешается восемь полупериодов штриховой миры. Это представлено на рисунке 6В.

Опознавание объекта может быть произведено, если на критическом размере

разрешается двенадцать полупериодов эквивалентной миры – рисунок 6С.

Критерии Джонсона положены в основу современной методологии визуального восприятия объекта. На протяжении ряда лет они уточнялись применительно к наблюдению изображений различного типа (растровых, безрастровых, тепловых и так далее), воспринимаемых на фоне неоднородной яркости в присутствии аддитивных и мультипликативных помех. Современные критерии визуального восприятия, приведенные в таблице 2, несколько отличаются от значений таблицы 1, но также называются критериями Джонсона [8].

Таблица 2 – Современные критерии Джонсона

Уровень видения	Описание	N_{50} (число полупериодов эквивалентной миры, разрешаемых при заданном уровне восприятия с 50%-ной вероятностью)
Обнаружение	Выделение размытого пятна на фоне помех	2,0
Различение	Объект выделяется с достаточной яркостью и дифференцируется по принадлежности к классу	8,0
Опознавание (идентификация)	Объект дифференцируется по принадлежности к типу внутри класса	16,0

Отличие заключается в том, что в правой колонке таблицы 2 приведено значение величины N_{50} . Величина N_{50} определяет количество полупериодов эквивалентной миры, разрешаемых наблюдателем для данного уровня восприятия с 50%-ной вероятностью. В последнее время предложена более детальная структура уровней восприятия, содержащая более 10 уровней и предназначенная для создания алгоритмов работы автоматических устройств распознавания (автоматов распознавания) и систем машинного видения [8].

Результаты исследований Джонсона оценивают по единому показателю – числу пространственных полупериодов эквивалентной штриховой миры – 50%-ную вероятность восприятия объекта.

Кроме того, критерии Джонсона связывают статистические оценки характеристик качества видения (число пространственных полупериодов эквивалентной штриховой миры) с качеством визуального восприятия соответствующих им реальных объектов в данной системе видения.

Подготовительными материалами – выражениями (2)...(5) – и результирующей

формулой (6) автор обосновал, что результаты статистических исследований Джонсона интерпретируются и на расчет системы подводного видения [3].

Это означает, что с каким качеством наблюдатель видит на экране эквивалентную миру, точно так же он будет наблюдать и соответствующий мире объект. Так как качество видения телевизионной системы определяется максимальной разрешаемой пространственной частотой миры, имеющей тот же контраст и наблюдаемой при тех же условиях, что и объект, то оператор будет наблюдать любой штрих миры на пороге его различения. При этом размер ширины штриха миры на экране соответствует минимально разрешаемому элементу. Из этого следует, что для обнаружения объекта с вероятностью 50% необходимо, чтобы тот на экране отображался двумя элементами разрешения. Автор исходит из того, что одна телевизионная линия (по кадру или по строке) состоит из двух полупериодов разрешения, на каждый из которых приходится по одному элементу разрешения.

Например для различения объекта с вероятностью 50% необходимо, чтобы тот

отображался 8-ю элементами разрешения, приходящимися на 8 разрешаемых полупе-

риодов, или на 4 телевизионных линии, что следует из таблицы 3.

Таблица 3. Коэффициент пересчета

Вероятность восприятия, Р	Коэффициент пересчета, к
1,00	3,0
0,95	2,0
0,80	1,5
0,50	1,0
0,30	0,75
0,10	0,50
0,02	0,25
0	0

Необходимо уточнить, что одна телевизионная линия (ТВЛ) соответствует черно-белому перепаду или двум разрешаемым полупериодам, представленным на рисунке 6А.

По заданной вероятности восприятия – $P_{обн.}$, $P_{оп.}$ и так далее и известному значению числа полупериодов эквивалентной миры N_{50} из таблицы 3, разрешаемых при заданном уровне восприятия с 50%-ной вероятностью, для конкретного уровня видения можно определить требуемое разрешаемое число периодов N эквивалентной миры. Значение N используется при расчете предельной дальности видимости телевизионной системы по формуле (6).

Авторы предложили формулу (7) пересчета величины N_{50} в величину N [3]. Величина N характеризует вероятность восприятия объекта системой видения ПА с выбранной наблюдателем вероятностью:

$$k = \frac{N}{N_{50}}, \quad (7)$$

где k – коэффициент пересчета.

В таблице 3 [8] приведены численные значения коэффициентов пересчета k , на которые следует умножить величину N_{50} , чтобы найти требуемое число N . Например, такое восприятие объекта, как его идентификация с вероятностью $P=0,95$ требует, чтобы на его критическом размере $H_{кр.}$ уложили 16 периодов эквивалентной миры:

$$N_{95} = N_{50} \cdot k = 8,0 \cdot 2,0 = 16. \quad (8)$$

Значение $N_{50}=8,0$ соответствует 16-ти элементам разрешения на мониторе.

Для придания расчетам реальной основы дальнейшие рассуждения проводятся с учетом ссылок на типовые объекты поиска. Некоторые из них представлены на рисунке 7.

Учитывая то, что объекты поиска могут иметь различную конфигурацию, вполне допустимо при создании их макетов производить необходимую компоновку из типовых геометрических фигур, подобных рисунку 7.

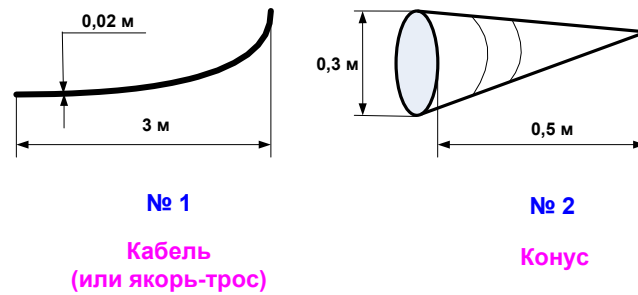


Рисунок 7 – Типовые объекты поиска
Здесь: объект № 1 – кабель (или якорь-трос); объект № 2 – конус

На основании изложенного можно утверждать, что для обнаружения с вероятностью $P_{обн.} = 50\%$ таких объектов, как кабель или якорь-трос, что однотипно, необходимо разместить по кадру 2 полупериода эквивалентной миры, что соответствует 1 телевизионной линии. Для практических расчетов это означает, что в формулу (6) для расчета дальности видения необходимо подставить значение $N_{50}=2$.

Для обнаружения кабеля с вероятностью 95% необходимо разместить по кадру 4 полупериода эквивалентной миры, то есть 2 телевизионные линии. Для практических расчетов это означает, что в формулу (6) для расчета дальности видения необходимо подставить значение $N_{95} = 4$.

После теоретического обоснования расчета дальности видения телевизионных средств в соответствии с критерием Джонсона рассмотрим графические зависимости дальности видения телекамер от угла поля зрения объектива (на воздухе). Построение графиков будет происходить по формуле (6) для трех различных уровней восприятия объектов:

- обнаружения;
- различения;
- опознавания.

Для того чтобы графические расчеты соответствовали реальным результатам, представим, что объектом поиска является предмет, соответствующий своими размерами фактическому объекту поиска. Им может быть, например, конус с размером основания, равным 0,3 м в соответствии с рисунком 6.

Для построения графика дальности обнаружения подводной системой видения указанного конуса используем следующие данные:

– угол поля зрения телевизионной камеры $\theta = 0,35$ радиан, что соответствует 20° ;

– $H_{кр.} = 0,3$ м;

– $Z_{ТВ} = 180$ телевизионных линий, что соответствует контрасту 40%;

– $N = 4$, что соответствует вероятности обнаружения $P_{обн.} = 95\%$.

См. график № 1.



График 1

Результаты графического построения показывают, что дальность обнаружения конуса с вероятностью $P_{обн.} = 95\%$ при угле $\theta = 20^\circ$ высока и составляет 38 м (без учета

ограничивающих факторов водной среды). Для различения конуса с вероятностью $P_{разл.} = 0,95$ параметр N формулы (6) должен иметь значение $N_{95} = 16$. См. график № 2.

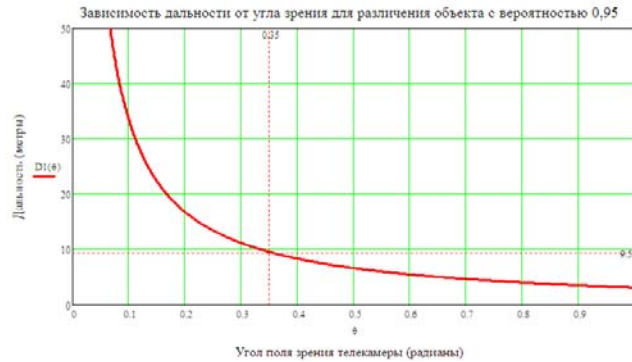


График 2

Из графика следует, что при угле поля зрения $\theta = 20^\circ$ дальность видимости телекамеры, при которой выполняется различение конуса с вероятностью $P_{разл.} = 0,95$, составляет $Dl(\theta) = 9,5$ м (без учета ограничивающих факторов водной среды).

Аналогично строится график, выражающий зависимость дальности опознавания конуса с вероятностью $P_{он.} = 0,95$ от угла поля зрения телекамеры (на воздухе). См. график № 3.

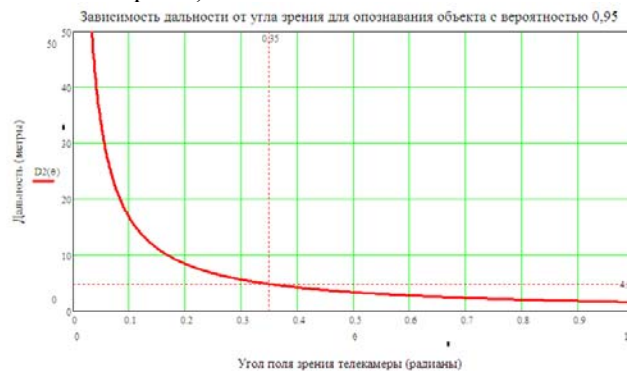


График 3

Из графика следует, что при угле поля зрения $\theta=20^\circ$ дальность видимости телекамеры, при которой возможно опознавание

типичного объекта с вероятностью $P_{on.}=0,95$, составляет $D_2(\theta)=4,8$ м.

Полученные результаты графических расчетов сведены в единую таблицу.

Таблица 4 – Зависимость дальности видения от угла поля зрения телекамеры

Угол поля зрения θ	Дальность $D(\theta)$ для вероятности $P = 0,95$, м		
	Обнаружение	Различение	Опознавание
20°	38,289	9,572	4,786
21°	36,473	9,118	4,559
22°	34,723	8,681	4,340
23°	33,213	8,303	4,152
24°	31,747	7,937	3,968
25°	30,471	7,618	3,809
26°	29,223	7,306	3,653
27°	28,131	7,033	3,516
28°	27,055	6,764	3,382
29°	26,108	6,527	3,264
30°	25,171	6,293	3,146
31°	24,342	6,086	3,043
32°	23,563	5,891	2,945
33°	22,786	5,696	2,848
34°	22,095	5,524	2,762
35°	21,403	5,351	2,675
36°	20,786	5,196	2,598
37°	20,166	5,041	2,521
38°	19,611	4,903	2,451
39°	19,052	4,763	2,381
40°	18,549	4,637	2,319

Это – идеальные условия. Для учета реальных условий видимости следует учесть показатель ослабления водной среды ε . Тем не менее полученные результаты подтверждают теоретические данные, в соответствии с которыми увеличение угла поля зрения θ объектива ведет к уменьшению дальности видения телекамеры.

Из результатов таблицы 4 следует, что для опознавания объектов с вероятностью $P_{on.} = 0,95$, имеющих критический

размер $H_{кр.}=0,3$ м или менее, ПА должен либо отстоять от грунта на дистанции менее 5 м ($H < 5$ м), либо его телевизионная аппаратура должна быть оснащена вариофокальной оптикой, способной уменьшать углы зрения до единиц градусов.

Для научно-исследовательских ПА большого водоизмещения задача сближения с грунтом на $H < 5$ м является нереализуемой для обеспечения навигационной безопасности плавания. Это означает, что

для поиска целей на грунте телевизионным информативным каналом необходимо применять многоканальные камерные установки, подобные изображенным на рисунке 2. В одном из каналов таких телекамер целесообразно предусмотреть установку трансфокатора.

ВЫВОДЫ

Рассмотренный способ обеспечивает увеличение дальности подводного видения телевизионными системами МРТК на дальностях, превышающих возможности существующих аналогов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мартынов В.Л. Влияние водной среды на разрешающую способность телевизионных систем подводного видения // 16-я Международная научно-техническая конференция. Сб. науч. тр. – М.: ФГУП «МКБ «Электрон», 2008.
2. Научно-технический отчет и экспериментальные исследования специализированных осветителей для подводных телевизионных систем. – СПб: ФГУП «НИИ телевидения», 1998.
3. Мартынов В.Л. Критерий Джонсона для расчета систем подводного видения в борьбе с морским терроризмом «Вопросы оборонной техники». – Вып. 7-8. серия 16.–М. 2007.–ISSN 2306-1456.
4. Мартынов В.Л. Методика расчета дальности телевизионных систем подводного видения [Текст] / В.Л. Мартынов // Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы защиты и безопасности». – бт. – СПб, 2008. 5. Отчет по результатам испытаний макета лазерной телевизионной системы. СПб. 2000.
6. Мартынов В.Л., Голосной А.С., Фатеев А.А. Методика расчёта лазерных систем подводного видения // Труды XIV Всероссийской конференции «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики». СПб. 2018.
7. Гаврилов В.А. Видимость в атмосфере. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1966.
8. Карасик В.Е. Лазерные системы видения. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001.

АСИМПТОТИЧЕСКИЙ ВЗГЛЯД НА ИНТЕГРАЛ ШВАРЦА-КРИСТОФФЕЛЯ В ЗАДАЧАХ КОНФОРМНЫХ ОТОБРАЖЕНИЙ

В статье рассмотрен асимптотический взгляд на интеграл Шварца-Кристоффеля в задачах конформных отображений

Конформные отображения относятся к тем разделам математики, которые находят широкое и эффективное приложение к практическим задачам. Для односвязных областей теория разработана весьма основательно, но и в этом случае конструктив-

ный характер является труднообозримым и опирается на известный интеграл Шварца-Кристоффеля, который в классическом виде выглядит так:

$$\frac{dz}{dZ} = k(z - A_1)^{-\frac{\mu_1}{\pi}} (z - A_2)^{-\frac{\mu_2}{\pi}} \dots (z - A_n)^{-\frac{\mu_n}{\pi}}, \quad (1)$$

$$\frac{dz}{dZ} = k(z - A_1)^{-\frac{\lambda_1}{\pi} - 1} (z - A_2)^{-\frac{\lambda_2}{\pi} - 1} \dots (z - A_n)^{-\frac{\lambda_m}{\pi} - 1}, \quad (2)$$

где λ_i – внутренние углы заданного многоугольника; μ_i – его внешние углы. В таком общем виде (1) и (2) не интегрируются и не воспринимаются для конкретных приложений. Попробуем совместить плоскости

z и Z и перевести заданный контур на верхнюю полуплоскость так, чтобы все точки контура привести на ось X плоскости Z (рисунок 1).

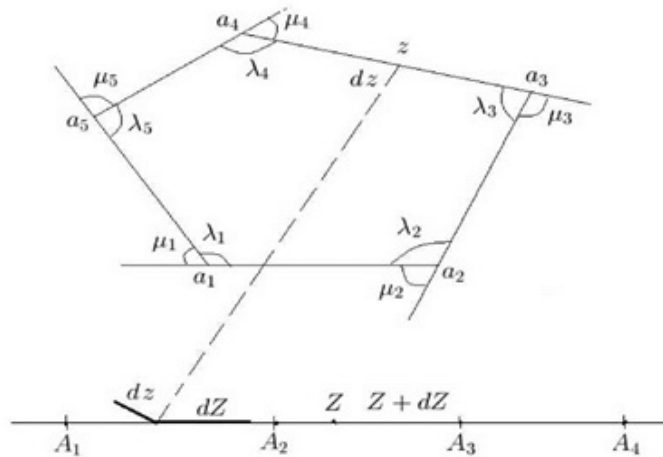


Рисунок 1 – Совмещение плоскостей

Сформулируем задачу: В плоскости z задан многоугольник с n сторонами. Необходимо перевести его контур на ось X плоскости Z .

Это наиболее ясная геометрическая

картина, которая более проста для усвоения, нежели углубление в сложные, неконструктивные и весьма деликатные приемы аналитической теории функций комплексной переменной.

В форме (1), (2) интеграл в конечном виде представляет проблему, особенно, если число сторон многоугольника увеличивается до очень большого числа. Попро-

буем максимально упростить эти выражения. В качестве многоугольника возьмем треугольник (рисунок 2).

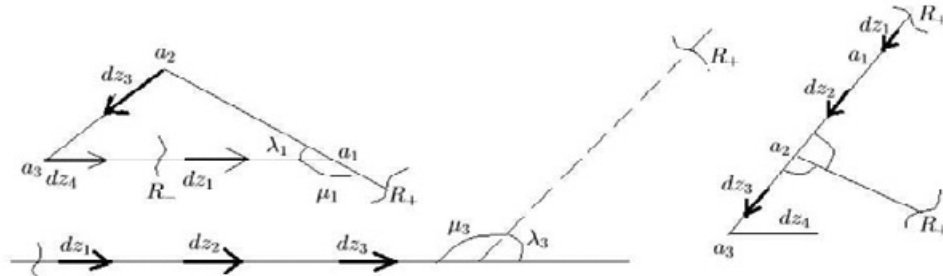


Рисунок 2 – Треугольник в качестве многоугольника

Выполним разрыв плоскости z по волнистой линии (рисунок 2) и развернем

контур треугольника в плоскости z так, как показано на рисунке 3.

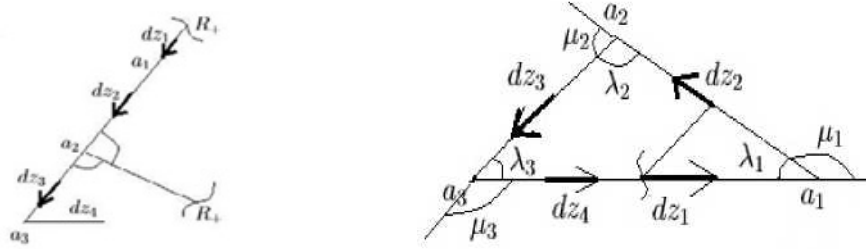


Рисунок 3 – Контур треугольника в плоскости z

Имеем:

$$\frac{dz}{dZ} = k(z - A_1)^{-\frac{\mu_1}{\pi}} (z - A_2)^{-\frac{\mu_2}{\pi}} (z - A_3)^{-\frac{\mu_3}{\pi}}, \quad (3)$$

$$\frac{dz}{dZ} = k(z - A_1)^{-\frac{\lambda_1}{\pi}-1} (z - A_2)^{-\frac{\lambda_2}{\pi}-1} (z - A_3)^{-\frac{\lambda_3}{\pi}-1}, \quad (4)$$

$$\arg dz = \arg dZ + \arg k - \frac{\mu_1}{\pi} \arg(z - A_1) - \frac{\mu_2}{\pi} \arg(z - A_2) - \frac{\mu_3}{\pi} \arg(z - A_3) \quad (5)$$

1) для точек $Z < A_1$ (рисунок 4):

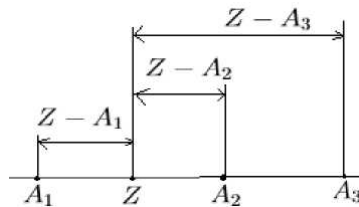


Рисунок 4

$$\begin{aligned} \arg dZ &= 0, \quad \arg dZ_1 = -\mu_1 - \mu_2 - \mu_3 = -2\pi \\ \arg(Z - A_1) &= \pi \\ \arg(Z - A_2) &= \pi \\ \arg(Z - A_3) &= \pi \end{aligned}$$

2) для точек $A_1 < Z < A_2$ (рисунок 5):

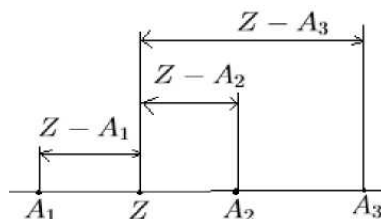


Рисунок 5

$$\begin{aligned} \arg dZ &= 0, \quad \arg dZ_2 = -\mu_2 - \mu_3 = -\mu_1 \\ \arg(Z - A_1) &= 0 \\ \arg(Z - A_2) &= \pi \\ \arg(Z - A_3) &= \pi \end{aligned}$$

3) для точек $A_2 < Z < A_3$ (рисунок 6):

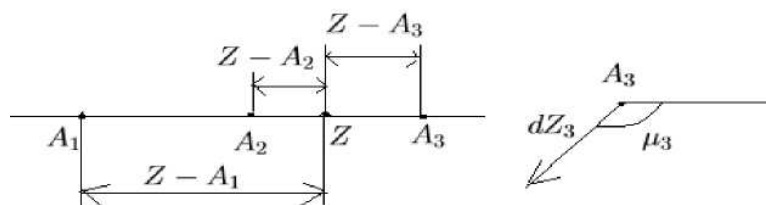


Рисунок 6

$$\begin{aligned} \arg dZ &= 0, \quad \arg dZ_3 = -\mu_3 \\ \arg(Z - A_1) &= 0 \\ \arg(Z - A_2) &= 0 \\ \arg(Z - A_3) &= \pi \end{aligned}$$

4) для точек $A_3 < Z$ (рисунок 7):

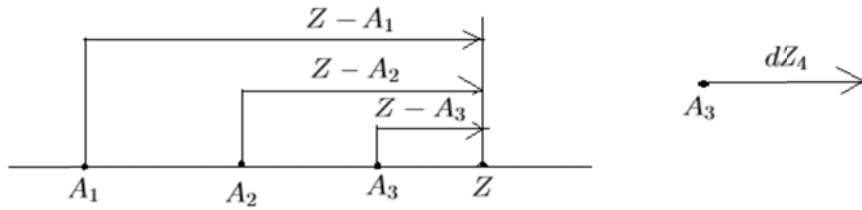


Рисунок 7

$$\begin{aligned} \arg dZ &= 0, \quad \arg dZ_4 = 0 \\ \arg(Z - A_1) &= 0 \\ \arg(Z - A_2) &= 0 \\ \arg(Z - A_3) &= 0 \end{aligned}$$

В итоге получим (рисунок 8):

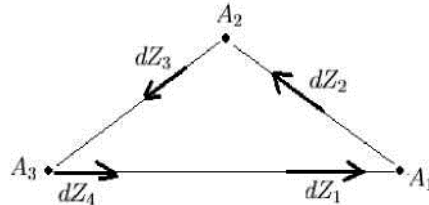


Рисунок 8

Эта трудоемкая работа позволяет при определенных навыках прочувствовать технологии перевода внутренности многоугольника на канонический контур верхней полуплоскости.

И на этом этапе приведенный нами асимметрический взгляд позволяет в качестве треугольника рассмотреть особый

случай.

Это треугольник со сторонами AO , OB , угол между которыми π , и третья сторона CB которой составляет со сторонами AO и OB угол, равный нулю. В таком случае интеграл Шварца-Кристоффеля принимает следующий вид:

$$z = \int_0^Z Z^{\alpha_1-1} (1-Z)^{\alpha_2-1} dZ = \int_0^Z \frac{dZ}{1-Z} = \ln \frac{1}{1-Z} \quad (6)$$

Таким образом, наш экзотический треугольник, приведенный на плоскости Z , в «0», «1» и ∞ , оказался логарифмической функцией.

Каким же образом такой необычный треугольник может встретиться на практике? Рассмотрим общий вид функции

$\omega = z^n + \frac{1}{z^n}$, который Ф. Клейн использовал для построения шестого тела Платона, и внедрим в эти структуры гидродинамическую основу. Для случаев, когда $n = 1, 2, 3$, рассмотрим следующие варианты:

$n=1$ (рисунки 9, 10, 11):

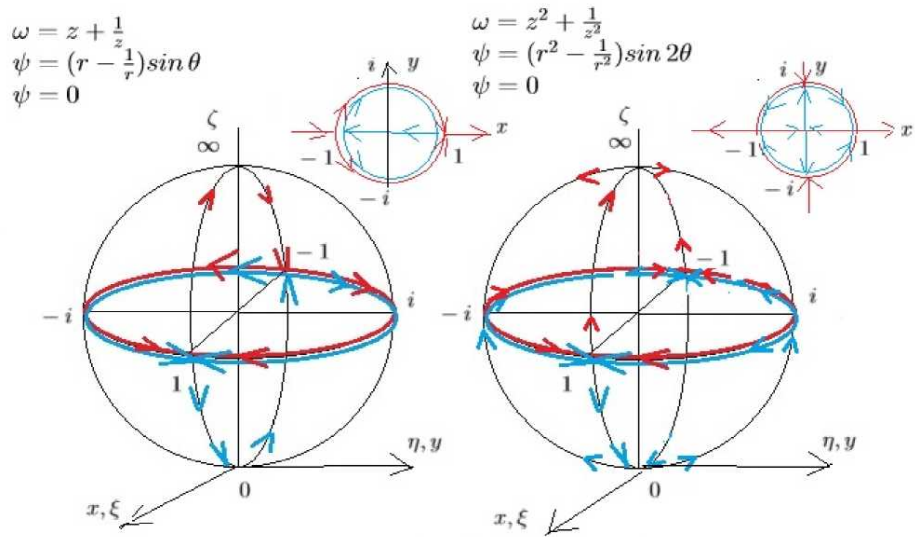


Рисунок 9

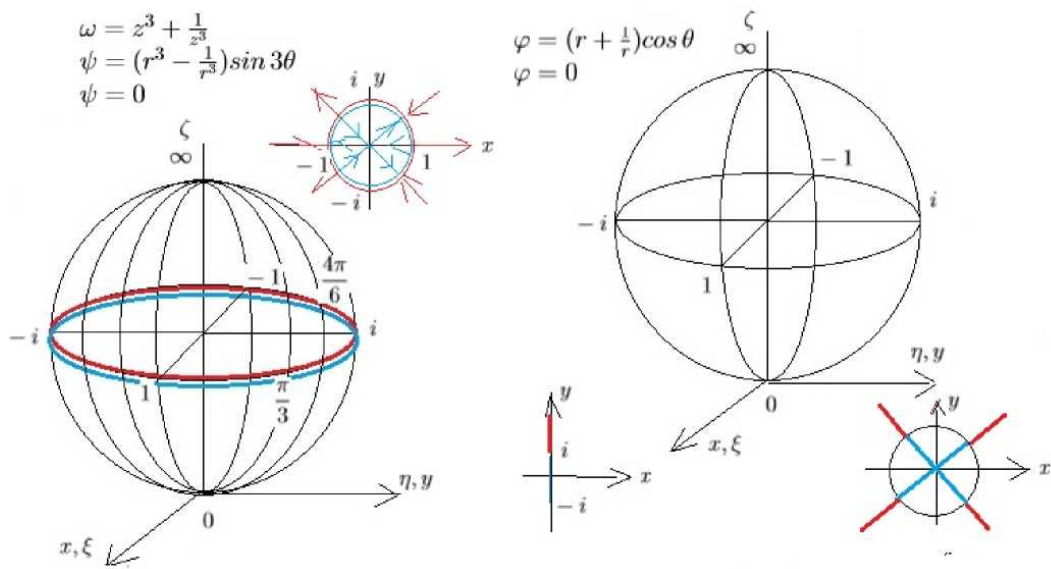


Рисунок 10

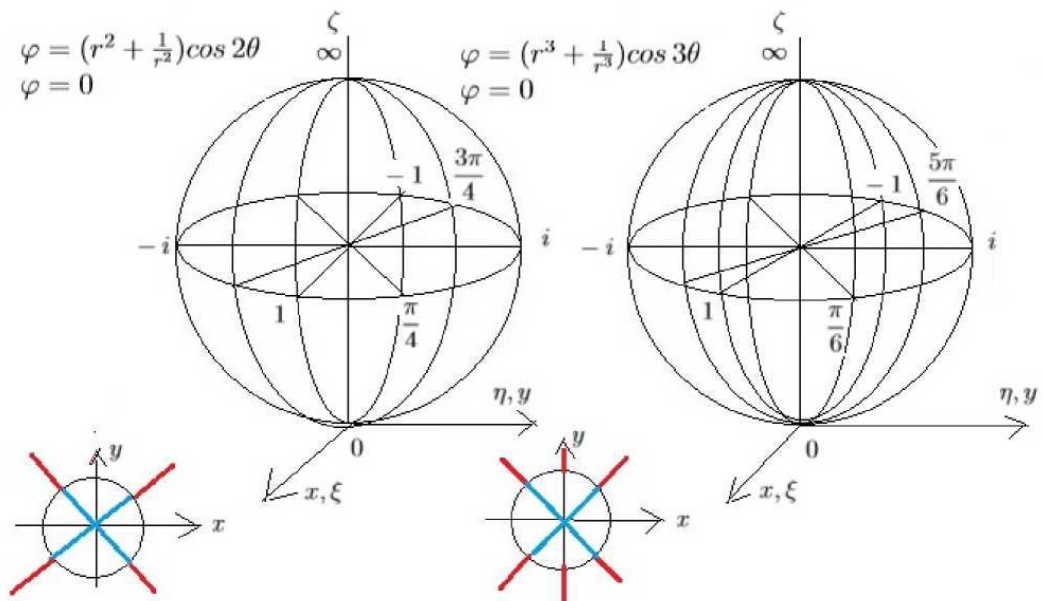


Рисунок 11

$$\begin{aligned} \omega = z + \frac{1}{z} &= x + iy + \frac{1}{x + iy} = \left(x + \frac{x}{x^2 + y^2} \right) + i \left(y - \frac{y}{x^2 + y^2} \right) = \\ &= x \left(1 + \frac{1}{r^2} \right) + iy \left(1 - \frac{1}{r^2} \right), \end{aligned} \tag{7}$$

$$\begin{cases} R = \sqrt{r^2 + \frac{1}{r^2} + 2 \cos 2\varphi} \\ \Phi = \arctg \left(\frac{r^2 - 1}{r^2 + 1} \operatorname{tg} \varphi \right) \end{cases}, \tag{8}$$

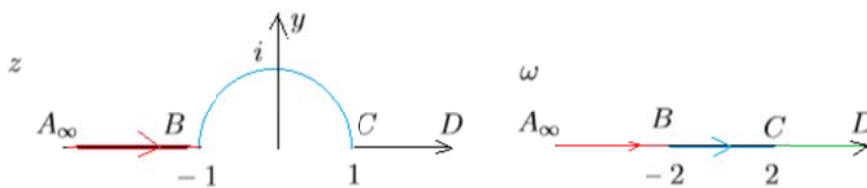


Рисунок 12

1) AB : т. А

$$\begin{cases} x = -\infty \rightarrow \omega = x\left(1 + \frac{1}{r^2}\right) = -\infty \\ y = 0 \end{cases}, \quad (9)$$

т. В

$$\begin{cases} x = -1 \rightarrow \omega = -2 \\ y = 0 \end{cases}, \quad (10)$$

2) *BiC*

$$\begin{array}{ll} r = 1 & \omega = 2x \\ -1 < x < 0 & -2 < \omega < 0 \\ 0 < x < 1 & 0 < \omega < 2 \end{array}, \quad (11)$$

3) *CD*:

$$\begin{array}{ll} 1 < x < \infty & 2 < \omega < \infty \\ y = 0 & \end{array}, \quad (12)$$

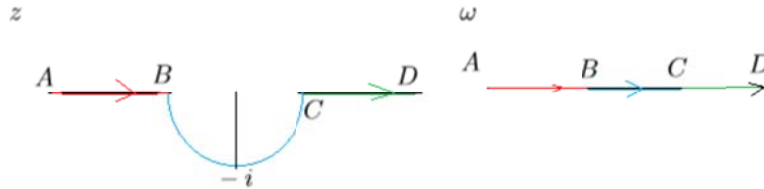


Рисунок 13

Таким образом, верхняя внешняя полуплоскость и нижняя внешняя дают один и тот же треугольник. Теперь рассмотрим верхнюю и нижнюю внутренности.

$$\begin{aligned} \omega = z + \frac{1}{z} = x + iy + \frac{1}{x + iy} &= \left(x + \frac{x}{x^2 + y^2}\right) + i\left(y + \frac{y}{x^2 + y^2}\right) = \\ &= x\left(1 + \frac{1}{r^2}\right) + iy\left(1 + \frac{1}{r^2}\right) \end{aligned}, \quad (13)$$

$$\begin{cases} R = \sqrt{r^2 + \frac{1}{r^2} + 2 \cos 2\varphi} \\ \Phi = \arctg\left(\frac{r^2 - 1}{r^2 + 1} \operatorname{tg} \varphi\right) \end{cases}, \quad (14)$$

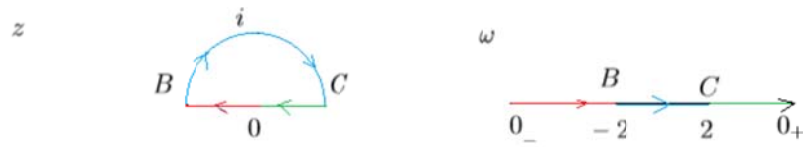


Рисунок 14

1) OB : т. O

$$\begin{cases} x=0 \\ y=0 \end{cases} \quad \lim_{x \rightarrow 0_-} \left(x + \frac{x}{x^2 + y^2} \right) = \lim_{x \rightarrow 0_-} \left(x + \frac{x}{x^2 + y^2} \right) = -\infty, \quad (15)$$

т. B

$$\begin{cases} x=-1 \\ y=0 \end{cases} \quad \omega = -2, \quad (16)$$

2) BiC :

$$\begin{aligned} r=1 \\ -1 < x < 0 \end{aligned} \quad -2 < \omega < 2, \quad (17)$$

3) CO : т. C

$$\begin{aligned} x=1 \\ y=0 \end{aligned} \quad \omega = 2, \quad (18)$$

т. O

$$\begin{cases} x=0 \\ y=0 \end{cases} \quad \lim_{x \rightarrow 0_+} \left(x + \frac{x}{x^2 + y^2} \right) = +\infty, \quad (19)$$

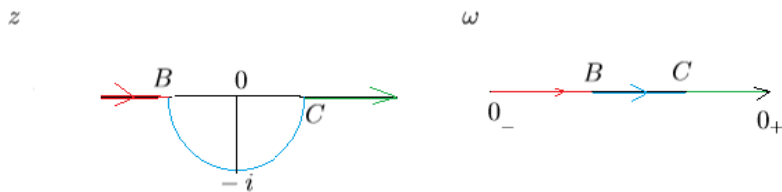


Рисунок 15

Ничем не отличается от предыдущей.

Вывод: все четыре течения в плоскости z переводятся функцией $\omega = z + \frac{1}{z}$ в плоскость ω на действительную ось.

На плоскости ω 4 листа. На плоскости z аргумент φ переменный на окружностях и постоянный на прямых. А на плоскости ω arg постоянен и равен 0. $\Phi=0$ везде.

ВЫВОДЫ

Таким образом, известное гидродинамическое течение $\omega = z + \frac{1}{z}$, которое имеет вид (см. рисунок 16), состоит из четырех особых треугольников, разверстка которых позволяет интеграл Шварца-Кристоффеля прочувствовать в одном из предельных случаев.

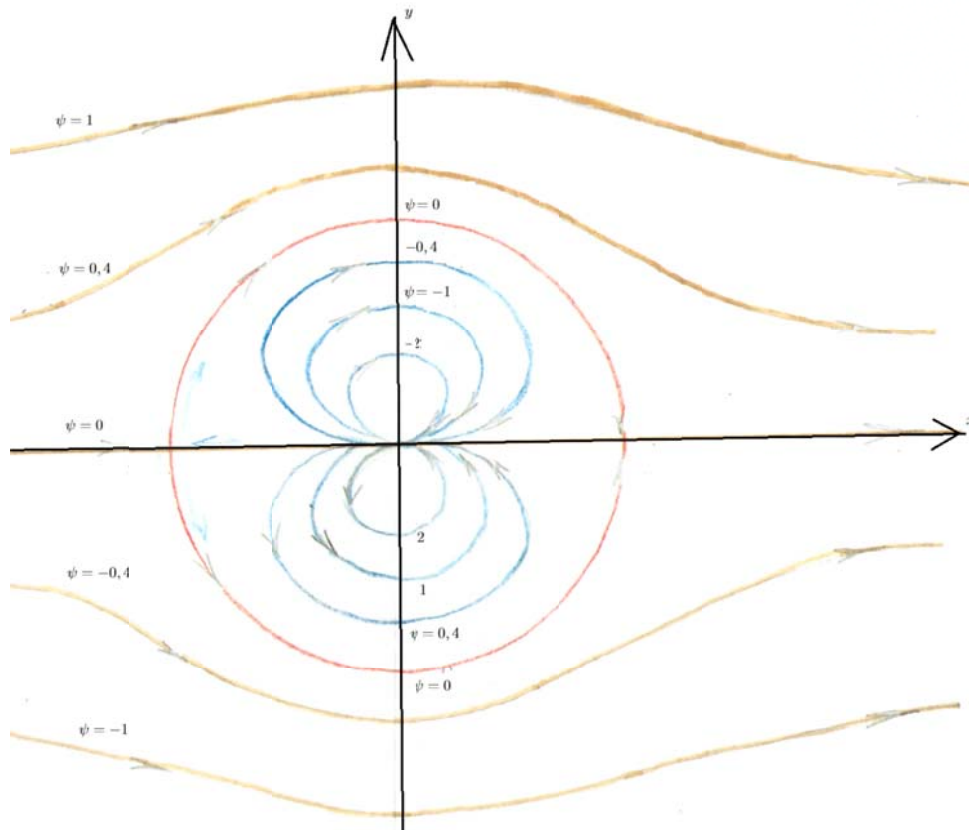


Рисунок 16

ЛИТЕРАТУРА

1. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Методы теории функций комплексного переменного – М.: Наука, 1973.

УДК 621.793.74: 669.28: 623.946

*В.В. БЛОХИН, Н.М. РИККОНЕН,
к.т.н. Е.А. ШАРОНОВ, Г.А. ЯКОВЛЕВ*

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ ПОКРЫТИЯ ИЗ МОЛИБДЕНА ДЛЯ УЗЛОВ ТРЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ТОРПЕД

В статье изложены технологические особенности получения износостойких покрытий из молибдена для деталей узлов трения тепловых торпед. Получены математические зависимости характеристик покрытия из молибденовой проволоки на поверхности титановых сплавов от режимов вакуумной термообработки. Изучены структуры и фазовый состав покрытий, получаемых плазменным напылением с последующей вакуумной термообработкой. Покрытие из молибдена внедрено в серийное производство поршней, поршневых колец, втулок и валов энергодвигательного модуля тепловых торпед.

Применение молибдена и его сплавов в узлах трения изделий военной техники определяют его жаропрочность, низкий коэффициент трения, антизадириные свойства, высокая теплопроводность. Эти свойства позволяют использовать молибден в высокоскоростных и тяжело нагруженных узлах трения при повышенных температурах. Однако дефицитность молибдена, его высокий удельный вес, склонность к хрупкому межкристаллитному разрушению при высоких температурах, образование трещин при сварке плавлением ограничивают возможности конструирования изделий военной техники и технологические возможности изготовления деталей из молибдена и его сплавов. По этим причинам одной из актуальных технологических задач является замена деталей из молибдена на детали из традиционных конструкционных материалов с покрытием из молибдена.

Целью выполненной в АО «НИИ мортеплотехники» работы явилась разработка технологии нанесения покрытий из молибдена на подложке из стали и титановых сплавов методом плазменного напыления для деталей цилиндропоршневой группы и подшипников скольжения энергодвигательного модуля (ЭДМ) торпеды УГСТ.

1. МЕТОДИКА, МАТЕРИАЛЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИБОРЫ

В качестве исходных материалов обоснованы и использовались следующие порошки и проволоки:

– порошок молибдена грануляцией 5 мкм по ТУ 48-19-316-80, применяемый в порошковой металлургии.

– молибденовая проволока марки МЧ и МС диаметром 1 мм по ТУ 48-19-203-85.

Напыление покрытия из молибдена производилось с использованием универсальной плазменной установки УПУ-10, укомплектованной универсальным плазмотроном УШР-2 собственной разработки [1]. Плазмотрон позволяет получать покрытия из металлов, сплавов, керамики, металлокерамики и различных композиционных материалов, в том числе на внутренние поверхности деталей диаметром от 120 мм. Термообработка образцов с напыленным покрытием производилась с использованием шахтной вакуумной электропечи СШВ1.2,5/25-И1 в диапазоне температур до 1100 °С. Последующая вакуумная термообработка (ВТО) деталей с молибденовыми покрытиями производилась в вакуумной электропечи СГВЭ-25/15М. Очистку поверхности образцов для нанесения покрытия производили пескоструйной обработкой зерном электрокорунда

грануляцией 25A F4. Прочностные свойства напылённых покрытий определялись по специальной методике испытания на срез (рисунок 1). Испытания проводились на разрывной машине P5. Методика позво-

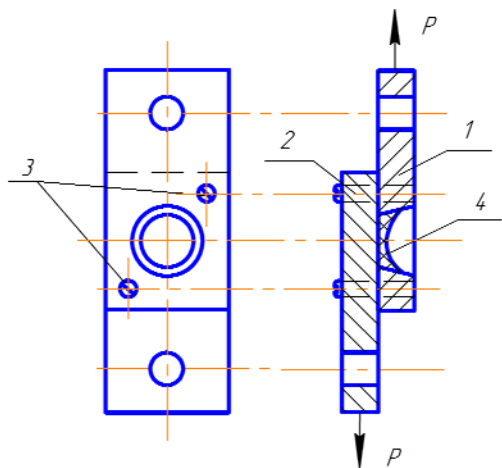


Рисунок 1 – Схема испытания прочности сцепления покрытий на срез: 1 – образец с коническим отверстием; 2 – контрольный образец; 3 – винт; 4 – напылённое покрытие

лила проводить ВТО покрытий и анализировать границу сцепления с основным металлом. Определение объёмной открытой пористости покрытий производилось методом гидростатического взвешивания образцов в дистиллированной воде по ГОСТ 473.4-81. Пористость в плоскости нанесения покрытия и на поперечных шлифах также оценивалась на количественном металлографическом анализаторе OmniMet в автоматическом режиме. Твёрдость покрытий определялась на приборе типа Rockwell, а микротвёрдость – с использованием прибора MicroMet-2. Изучение микроструктуры и состава полученных покрытий осуществлялось с использованием цифрового микроскопа Levenhuk DTX 720, металлографического микроскопа Неофот-30, растрового электронного микроскопа РЭМ-100У. Микрорентгеноспектральный анализ (МРСА) отдельных фаз выполнялся с помощью растрового электронного микроскопа РЭМ CamScan с энергодисперси-

онным анализатором Link. Вырезка образцов для металлографических исследований производилась на установке низкоскоростной резки IsoMet. Травление поперечных шлифов титановых сплавов осуществлялось реактивом следующего состава: 2 мл – HF; 2 мл – HNO₃; 96 мл – H₂O. Выявление структуры напылённого покрытия из молибдена производилось 50%-ным раствором HNO₃. Для определения фазового состава поверхностей отрыва образцов системы Mo-Ti был использован рентгеноструктурный анализ (РСА) с помощью дифрактометра ДРОН-УМ1. Содержание кислорода в исходном порошке молибдена и в покрытиях определяли на анализаторе кислорода марки RO17 фирмы Leco Corporation.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

2.1 Покрытие из порошка молибдена

Содержание кислорода в исходном порошке молибдена грануляцией 5 мкм составляло 0,2 %. Порошок молибдена подавался внутрь сопла плазмотрона в анодное пятно электрической дуги при использовании в качестве плазмообразующего газа аргона. Покрытие из порошка за счет наличия кислорода в исходном состоянии и дополнительного окисления кислородом воздуха при напылении имело высокий уровень остаточных напряжений и низкую прочность сцепления. Для устранения этих недостатков было проведено насыщение исходного порошка молибдена аммиаком путем его выдержки в вакуумной камере и последующей адсорбции аммиака на развитую поверхность частиц. Плазменным напылением на титановый сплав ПТ-3В такого предварительно обработанного порошка было получено покрытие без видимого окисления с высокой плотностью, когезионной прочностью и твёрдостью. Однако последующая ВТО при температуре до 1000°C показала, что из-за высокого

уровня остаточных напряжений в напылённом покрытии образуется сетка микро-трещин. Кроме этого при токарной обработке такого покрытия появлялась склонность к отслаиванию по границе сцепления с титановым сплавом.

Для исключения окисления проведено плазменное напыление порошком молибдена в контролируемой атмосфере аргона в камере ЦНИИ КМ «Прометей» с содержанием кислорода 0,001–0,005 %. Однако содержание кислорода в покрытии составило 0,21–0,29 %. Таким образом, вследствие большого содержания кислорода в порошке, использование контролируемой атмосферы аргона не привело к снижению окисления и получению менее хрупкого покрытия. По этим причинам дальнейшие работы с покрытием, получаемым напылением мелкодисперсного порошка молибдена, несмотря на его распространённость и доступность, были прекращены.



Рисунок 2 – Плазменное напыление покрытия из молибденовой проволоки на поршневые кольца ЭДМ

Покрытие из молибденовой проволоки в исходном состоянии в зависимости от режимов напыления имеет следующие характеристики:

- прочность сцепления со сталью и титаном 36–44 МПа;
- пористость открытая 7,3–12,9 %;

2.2 Получение покрытия из проволоки молибдена и изучение его свойств

Проволока марки МЧ и МС диаметром 1 мм подавалась на срез сопла плазмотрона УШР-2 с помощью механизма подачи МПО-41. В качестве плазмообразующего газа использовалась смесь аргона с азотом в соотношении 5:1 при мощности на плазмотроне 23,5 кВт. Для обеспечения равномерности покрытия процесс напыления деталей осуществлялся на токарном станке. Плазмотрон вместе с подвижной защитной камерой был установлен на суппорте токарного станка. Амплитуда возвратно-поступательного движения плазмотрона относительно детали регулировалась перемещением концевых выключателей, за счет чего процесс напыления осуществлялся в автоматическом режиме под наблюдением оператора. Вид процесса плазменного напыления молибдена из проволоки приведён на рисунке 2.



Рисунок 3 – Вид участка вакуумной термообработки с электропечью СВЭ-25/15М

- пористость закрытая 2,3–4,2%;
- твёрдость 18,6–28,5 HRC;
- микротвёрдость 4,2–6,4 ГПа.

С целью улучшения технологических свойств молибденового покрытия и повышения прочности сцепления со сплавами на основе титана использовали

ВТО готовых деталей и образцов. Вид участка ВТО показан на рисунке 3.

Результаты термообработки, представленные в таблице 1, показали, что до температуры 800°C существенного повышения прочности сцепления для покрытий из проволоки не наблюдается.

При дальнейшем повышении температуры до 900–960°C и выдержке 1 час прочность сцепления на срез со сплавом ВТ-1 повышается в 1,5–1,6 раза (рисунок 4).

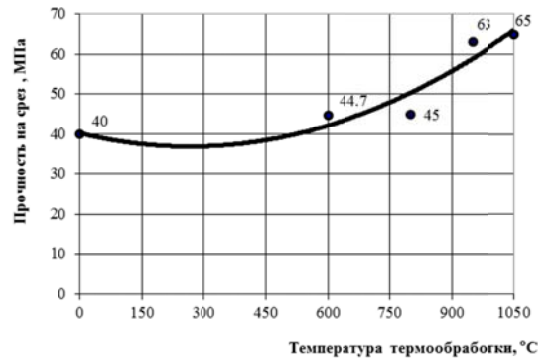


Рисунок 4 – Зависимость прочности сцепления покрытия из молибденовой проволоки марки МЧ на сплаве ВТ1 ($Y_{1(T)}$) от температуры ВТО при выдержке 1 час

Таблица 1 – Прочность сцепления на срез покрытия из молибденовой проволоки с титановыми сплавами при разных режимах ВТО

Марка титана	Марка проволоки	№ партии образцов	Режим ВТО		Прочность на срез, МПа	
			Температура, °C	Время выдержки, час.	Диапазон	Среднее значение
ВТ1 Толщина 3,3 мм	МЧ Ø 1,0	1 (5,7)	–	–	36,0–44,0	40,0
		2 (24,25,26)	600	1	36,0–50,0	44,7
		3 (21,22,23)	800	1	37,0–57,0	45,0
		4 (6,8)	950	1	60,0–66,0	63,0
		5 (27,28,29)	1050	1	62,0–67,0	65,0
ПТ-3В Толщина 4,2 мм	МС Ø 0,8	6 (53,54,57)	–	–	37,0–52,0	44,3
		7 (50,56,63)	900	3,5	58,0–78,0	67,0
		8 (51,60,62)	950	2	49,0–67,0	57,8
		9 (52,55,61)	950	10	35,0–48,0	39,3

Уравнение зависимости прочности сцепления для покрытия из молибденовой проволоки МЧ со сплавом ВТ-1 от темпе-

ратуры ВТО имеет вид полинома 2-й степени с величиной достоверности аппроксимации $R^2 = 0,90$:

$$Y_{1(T)} = 5 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 - 0,0253 \cdot T + 40,204 \quad (1)$$

В уравнениях введены обозначения: Y_1 – прочность сцепления, МПа; Y_2 – твёрдость, НRс; Y_3 – микротвёрдость, ГПа; T –

температура ВТО, °C; t – время выдержки, час.

Следует отметить, что когезионная прочность напыленного молибдена находилась в пределах 12–31 МПа, что существенно меньше адгезионной прочности на срез на всех режимах ВТО. Это свойство позволило выполнять токарную обработку и шлифование покрытия без отслоения на всех используемых режимах.

Увеличение времени выдержки при температуре 950°C до 3–4 часов приводит к повышению прочности, а дальнейшая выдержка до 10 часов – к снижению прочности сцепления покрытия из молибдена на срез со сплавом ПТ-3В (рисунок 5). Зави-

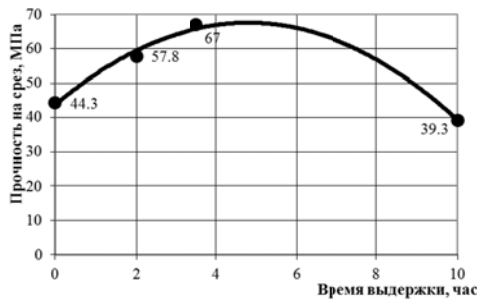


Рисунок 5 – Зависимость прочности сцепления покрытия из молибденовой проволоки марки МС на сплаве ПТ-3В ($Y_{1(t)}$) от времени выдержки ВТО при температуре 950 °С

До температуры 600 °С происходило увеличение твердости до 30 HRC, а затем при увеличении температуры до 1050°C твердость снижалась до 15 HRC. Снижение твердости и микротвердости после ВТО

$$Y_{2(T)} = -4 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 + 0,0371 \cdot T + 22,676 \quad (3)$$

$$Y_{3(T)} = -4 \cdot 10^{-6} \cdot T^2 + 0,004 \cdot T + 4,486 \quad (4)$$

Полученные математические зависимости позволяют прогнозировать изменение свойств в процессе вакуумной термической обработки, что было использовано при разработке технологических процессов получения покрытия молибденом поршней из сплава ПТ-3В.

симось прочности сцепления от времени выдержки (t) при достоверности $R^2 = 0,99$ имеет вид:

$$Y_{1(t)} = -1,038 \cdot t^2 + 9,948 \cdot t + 43,727. \quad (2)$$

Твёрдость (уравнение 3) при достоверности $R^2=0,98$ и микротвёрдость (уравнение 4) при достоверности $R^2=0,98$ покрытий из молибдена имели одинаковый характер зависимости от температуры термообработки при выдержке 1 час (рисунок 6).

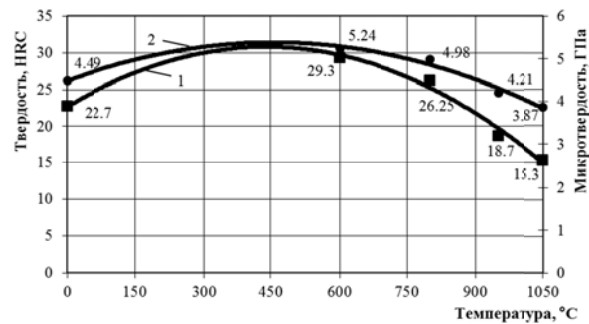


Рисунок 6 – Зависимость твёрдости ($Y_{2(T)}$) (1) и микротвёрдости ($Y_{3(T)}$) (2) покрытия из молибденовой проволоки марки МЧ от температуры ВТО при выдержке 1 час

при температуре 950°C позволило повысить технологическую обрабатываемость покрытия и обеспечить выполнение размеров поршней с жестким полем допуска при токарной обработке.

Вид пористого покрытия из молибденовой проволоки марки МЧ на поверхности поршня 2549.017.114 после ВТО при температуре 950°C – 1 час, и шлифовки приведен на рисунке 7а. Поры плоские и вытянутые: размер пор в плане достигал 1 мм, а по глубине – в пределах 50 мкм. Общая объемная пори-

стость покрытия из молибденовой проволоки МЧ после ВТО, определяемая по ГОСТ 473.4-81, находилась в пределах 13,7–14,3 %, а открытая 10,9–11,8 %.

Следует отметить, что пористость в плоскости покрытия из молибдена и в перпендикулярном направлении – на поперечных шлифах, – имеют разный диапазон значений. Оценка поверхностной пористости в плоскости покрытия на анализаторе OmniMet показала, что без ВТО пористость составляет 15%, а после ВТО при температуре 900°C увеличивается до 19%, что по-видимому связано с термической диссоциацией низкотемпературных оксидов молибдена и дегазацией покрытия в вакууме, а затем при температуре 1050°C уменьшается до 9 %, что объясняется последующим спеканием пористого слоя. Пористость покрытия, определяемая прибором OmniMet на поперечных шлифах, с повышением температуры термообработки уменьшается с 8% (без ВТО) до 4–5 % при температуре ВТО 1050°C.

2.3 Изучение структуры покрытия из проволоки молибдена при ВТО

С целью выяснения механизма изменения прочностных свойств покрытия в процессе ВТО проведено изучение структур покрытий до и после ВТО с применением металлографического анализа, растровой электронной микроскопии, рентгеноструктурного анализа, химической термодинамики. Выявлено, что изменение свойств на границе «титан–молибден» в процессе вакуумной термической обработки обусловлено сложными физико-химическими процессами:

- дегазацией покрытия в вакууме и диссоциацией оксидов;
- диффузией элементов на границе контакта «покрытие–подложка»;
- образованием новых фаз и структур;
- изменением напряженного состояния покрытия и основного металла.

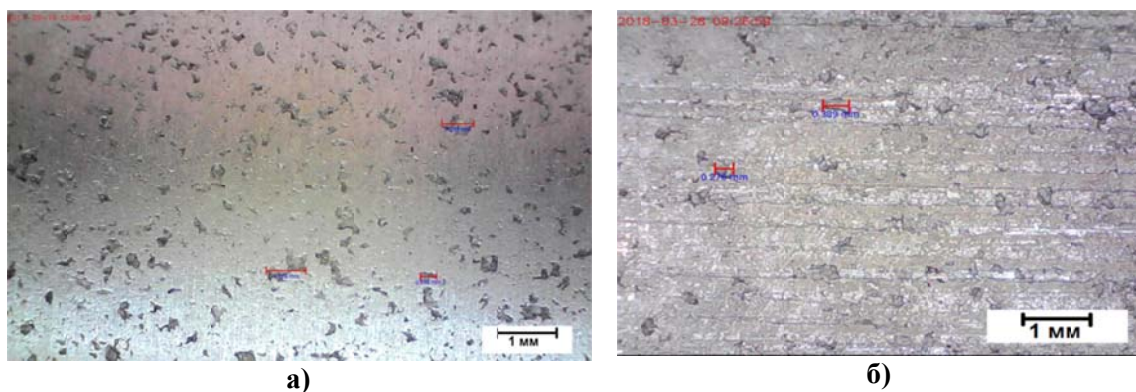


Рисунок 7 – Вид покрытия из молибденовой проволоки марки МЧ на поверхности поршня после изготовления (а) и после эксплуатации (б) (микроскоп Levenhuk DTX 720)

По данным РСА в составе исходного покрытия содержатся оксиды молибдена MoO_2 , которые в процессе ВТО преобразуются в другие типы оксидов, в частности при температуре 950°C появляется оксид Mo_9O_{26} . На образцах из титана после отрыва молибденового покрытия РСА фиксирует оксиды титана Ti_2O , TiO , Ti_3O_5 . Это свидетельствует об окислении титана кислоро-

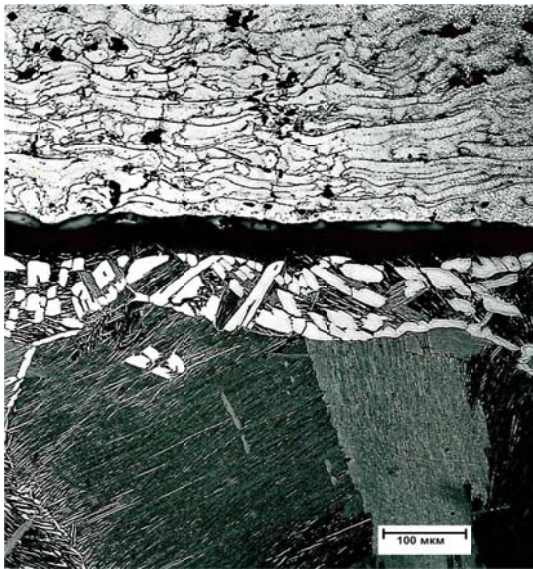
дом, растворенном в молибденовом покрытии и восстановлении оксидов молибдена на границе сцепления. Глубина зоны окислительно-восстановительных реакций увеличивается по мере увеличения температуры термообработки и времени выдержки.

Для выяснения структуры зон взаимодействия покрытия с титановым сплавом ПТ-3В были подвергнуты анализу образцы

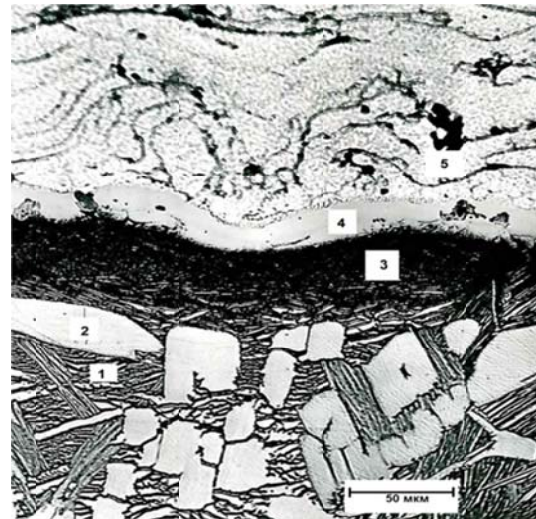
с увеличенным временем выдержки ВТО до 10 часов при температуре 950°C. Идентификация полученных структурных составляющих проведена путем анализа поперечных микрошлифов с определением содержания элементов методом микрорентгено-спектрального анализа (МРСА). Структуры покрытия из молибдена и зоны сцепления со сплавом ПТ-3В после ВТО показаны на рисунке 8. Описание и химический состав структур и зон взаимодействия по данным МРСА приведены в таблице 2. Точки МРСА показаны на рисунке 8б. Были выяв-

лены следующие структуры и зоны взаимодействия:

- 1 – структура $\alpha+\beta$ Ti с содержанием молибдена до 0,6%;
- 2 – структура α –Ti с содержанием молибдена до 0,1%;
- 3 – диффузионная травящаяся зона с содержанием молибдена до 7%;
- 4 – нетравящаяся зона сплавления с содержанием молибдена на уровне 17%;
- 5 – слоистая структура напыленного молибдена.



а)



б)

Рисунок 8 – Микроструктура покрытия из молибденовой проволоки на сплаве ПТ-3В после ВТО 950 °С – 10 час с обозначением точек МРСА: 1 - $\alpha+\beta$ Ti; 2 - α -Ti; 3 - диффузионная травящаяся зона; 4 - реакция зона сплавления; 5 – покрытие из молибдена

Как показано на рисунке 8а, структура с наличием фаз 1 и 2 на поверхности сплава ПТ-3В с крупными зёрнами фазы α -Ti образуется в титане только в приграничной зоне с покрытием молибденом. В работах [3, 4] отмечено, что молибден, как β – изоморфный стабилизатор, расширяет область существования β -фазы в титане вплоть до комнатной температуры, а кислород стабилизирует α -фазу. Поэтому наличие обоих элементов в зависимости от их содержания в титане под покрытием может приводить к формированию нестандарт-

ных структур с наличием α -фазы и β -фазы одновременно. Так, образование фаз α -Ti и $\alpha+\beta$ -Ti может происходить в результате раскисления титаном оксидов молибдена и участия кислорода как стабилизатора α -Ti. Толщина приграничной зоны с наличием структур 1 и 2 в зависимости от режима термообработки находится в пределах от 30 до 130 мкм.

Диффузионная зона 3, которая показала повышенную травимость в реактиве

HF + HNO₃, также состоит из α и β фаз, но игольчатого строения. Толщина зоны 3 ориентировочно составляет 30–50 мкм.

Особо следует отметить плотную нетравящуюся зону 4 с содержанием молибдена около 17%, которая располагается непосредственно на границе «титан–молибден». Как показано в работе [5], расчетная диаграмма состояния Mo-Ti в области концентрации Mo до 20% может также содержать интерметаллиды TiMo₄ и TiMo₅ и другие. С учетом химического состава зоны 4 стехиометрия предполагаемого интерметаллида почти совпадает с соединением Ti₇Mo, возможность формирования которого приводится в работе [2]. В работе [6] рентгеноструктурным анализом

установлено, что после термической обработки в среде аргона при температуре 850°C механически смешанных композитов порошков титана с 15 и 23% молибдена, образуется фаза β -Ti. Поэтому зона 4 может также представлять собой β -Ti в чистом виде. Микротвёрдость фазы 4 минимальная из всех присутствующих фаз. Глубина зоны 4 составляет 33–44 мкм, причём, как видно на рисунке 9, плотная структура этой зоны при ВТО внедряется по границам зёрен α -титана. Следует отметить, что при вакуумной термообработке с меньшим временем выдержки (1 час) все перечисленные зоны также формируются, но в меньшем объеме.

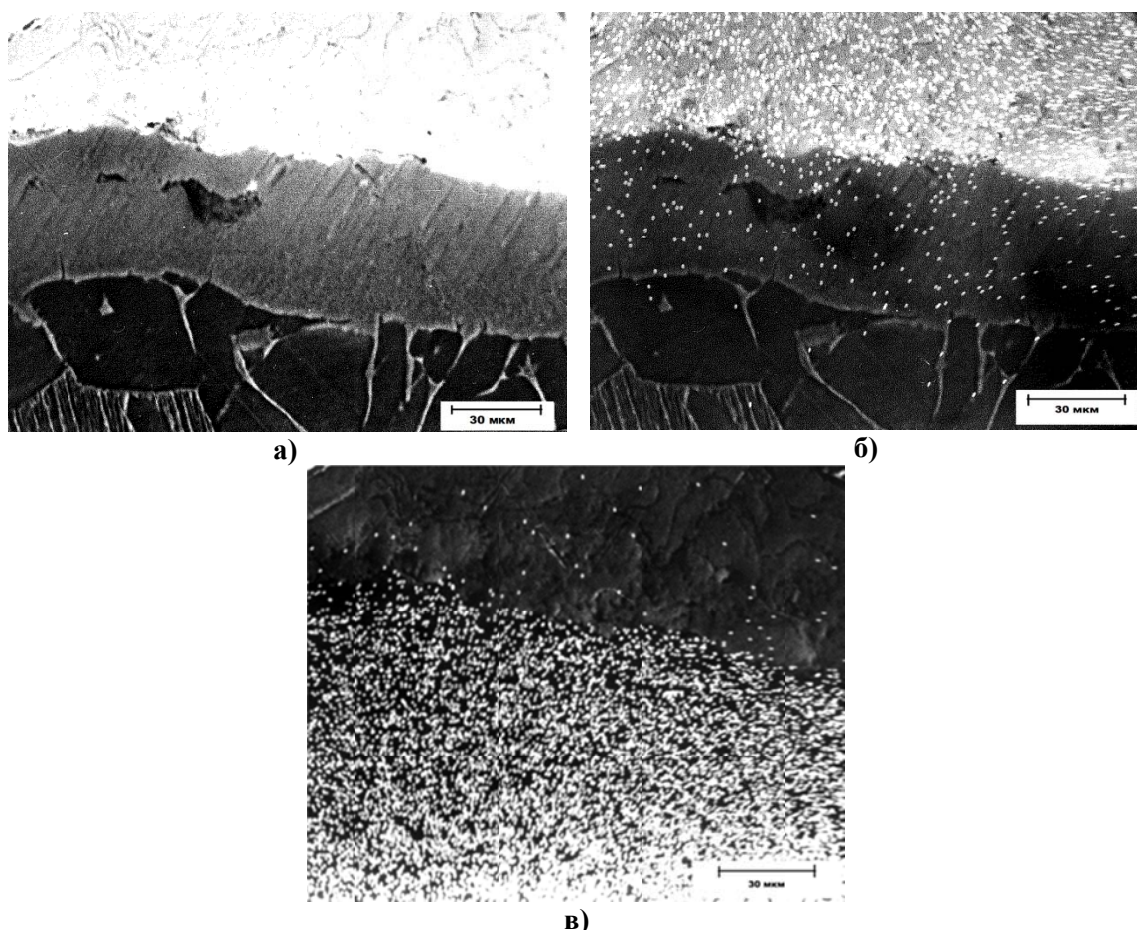


Рисунок 9 – Микроструктура зоны 4 между покрытием из молибдена и сплавом ПТ-3В после ВТО 950° С – 10 час: – снимок РЭМ в отражённых электронах (а), с наложением характеристического рентгеновского излучения молибдена (б) и титана (в)

Фрактографический анализ поверхностей среза образцов покрытия молибдена от сплава ПТ-3В до и после вакуумной термообработки был проведен с помощью РЭМ-100У. Без термообработки срез покрытия происходил между частицами молибдена вблизи поверхности титана (рисунок 10 а,б), т.е. наблюдается когезионный отрыв по молибдену.

Аналогичный характер поверхностей среза наблюдался при срезе покрытия из

молибдена от стали любой марки. После вакуумной термообработки характер среза качественно изменился – происходит сквозное разрушение зерен сплава Ti-Mo в зоне 4 (рисунок 10 в,г). Следует отметить, что при эксплуатации деталей из сплава ПТ-3В отслоение покрытия из молибдена не происходит, т.к. адгезионная прочность покрытия всегда превышает когезионную прочность.

Таблица 2 – Результаты микрорентгеноспектрального анализа и микротвердость зон взаимодействия покрытия из молибденовой проволоки с титановым сплавом ПТ-3В после ВТО при температуре 950° С – 10 часов

№ точки анализа	Фаза, зона	Микротвёрдость, ГПа	Содержание элементов, масс. %			
			Mo	Ti	V	Al
1	$\alpha+\beta$ Ti	3,5	0,33	87,38	7,01	5,28
			0,61	87,69	6,25	5,45
2	α -Ti	4,1-5,3	0	91,76	1,95	6,29
			0,11	92,05	1,89	5,95
3	Диффузионная травящаяся зона	3,4-3,7	5,70	84,38	5,24	4,68
			4,67	85,30	5,18	4,85
			7,04	82,85	5,08	5,03
4	Реакционная зона сплавления	3,1-3,5	17,06	75,26	3,39	4,29
			17,00	75,00	3,93	4,06
			17,93	74,48	3,75	3,85
5	Напыленный Mo	3,7-4,7	99,15	0,62	0,08	0,15
			99,81	0	0,17	0

Таблица 3 – Механические характеристики титанового сплава ПТ-3В при различных режимах ВТО

№ образца	Температура, °С	Время выдержки, час.	Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение, %	Относительное сужение, %
1-3	-	-	784	774	12,1	47,4
4-6	900	1	778	753	12,6	52,4
10-12	1000	1	777	730	11,8	35,4

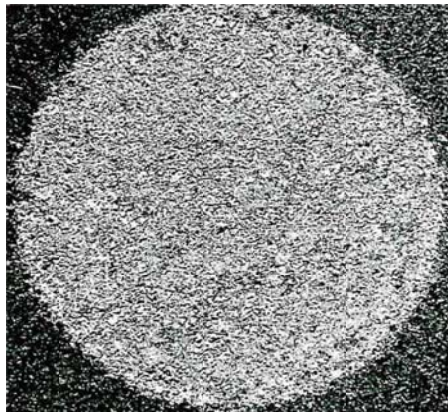
2.4 Изучение прочностных характеристик титанового сплава ПТ-3В в процессе ВТО

Учитывая, что при температуре выше 960° С начинается рост зерна титано-

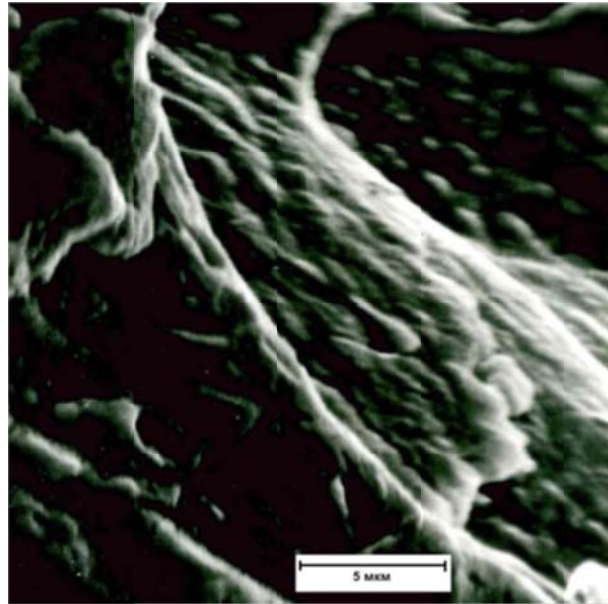
вых сплавов, произведена проверка изменения механических свойств сплава ПТ-3В в зависимости от режимов ВТО на образцах диаметром 5 мм по ГОСТ 1497-84. Результаты, представленные в таблице 3, показали несущественное уменьшение пре-

дела прочности (до 10%) и предела текучести (до 6%) после ВТО при температуре до 1 000° С в течение 1 часа. Таким образом было установлено, что при температуре до

960°С можно проводить вакуумную термообработку деталей из титанового сплава ПТ-3В без существенной потери его прочности.



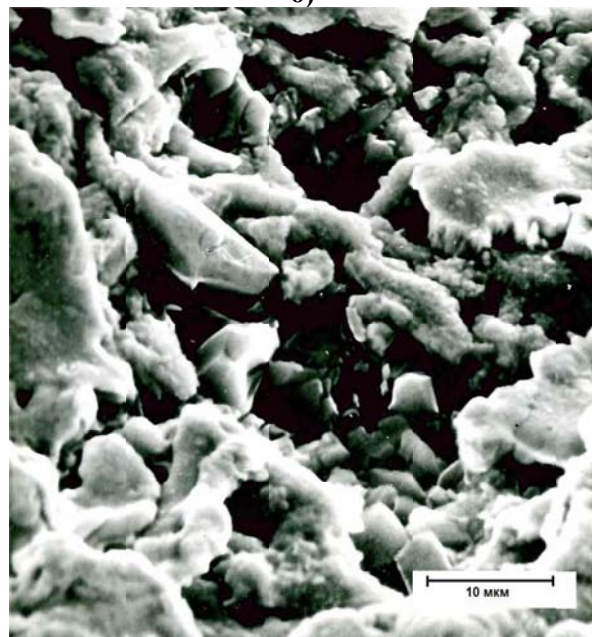
а)



б)



в)



г)

Рисунок 10 – Поверхности среза покрытия из молибденовой проволоки на образцах сплава ПТ-3В: а, б – без термообработки – срез между частицами молибдена; в, г после ВТО 950° С – 10 час – срез со сквозным разрушением зоны 4; а, в – снимки пятна среза покрытия диаметром 11,3 мм; б, г – снимки РЭМ-100У в отраженных и вторичных электронах

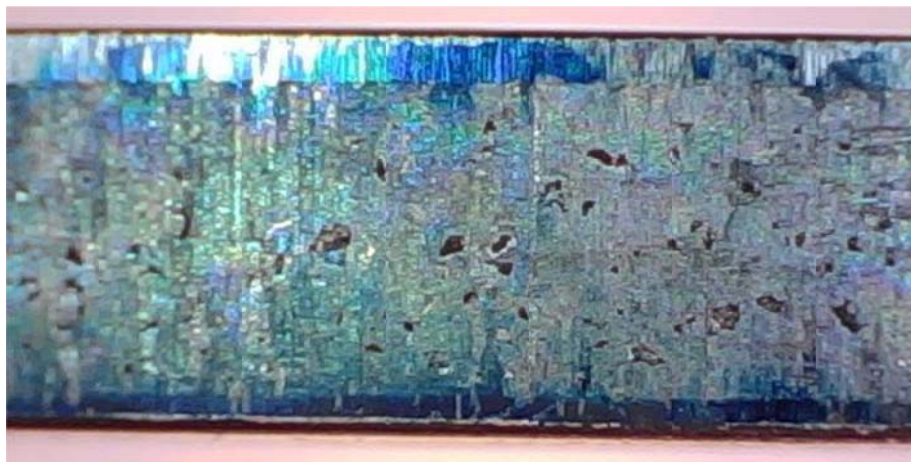
3. ПРИМЕНЕНИЕ ПОКРЫТИЯ ИЗ МОЛИБДЕНА В ЭДМ ТЕПЛОВЫХ ТОРПЕД

На основании положительных результатов лабораторных исследований и стендовых испытаний технологический процесс получения пористого покрытия из молибдена внедрен в серийное производство поршней, поршневых колец, валов и втулок ЭДМ тепловых торпед. Толщина покрытия после механической обработки составляла 0,3 мм на поршневых кольцах и 0,5 мм на поршнях, валах и втулках.

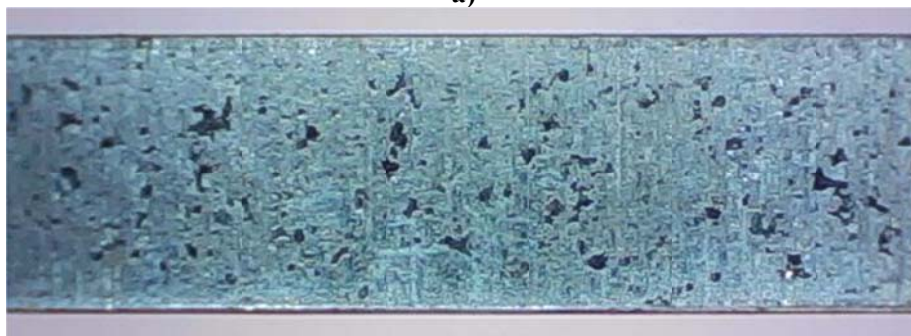
Результаты многочисленных стендовых и натурных испытаний аксиально-

поршневых двигателей в составе УГСТ показали следующие результаты.

Поршневые кольца из стали 4Х5МФ1С без покрытия, несмотря на высокую твердость, имели неудовлетворительную износостойкость. Максимальный износ – 0,5 мм – наблюдался для наиболее нагруженного по температуре верхнего поршневого кольца, что сопровождалось задиrom поршня с гильзой цилиндра из азотированной стали 12Х2НВФА. После применения на поршневых кольцах покрытия из молибдена задиры не происходили, а износ уменьшился до 0,1 мм. Вид покрытия на поршневых кольцах после эксплуатации приведен на рисунке 11.



а)



б)

Рисунок 11 – Вид поверхности поршневых колец из стали 4Х5МФ1С с покрытием молибденом после эксплуатации: а) ЭДМ тепловых торпед калибра 533 мм; б) ЭДМ тепловых торпед калибра 324 мм (микроскоп Levenhuk DTX 720)

Поршни изготавливали из титанового сплава ПТ-3В с покрытием молибденом и ВТО. Трение поверхности поршней и поршневых колец осуществлялось по гильзам цилиндра из азотированной стали 12Х2НВФА в условиях подачи синтетической смазки Б-3В на поверхность трения.

Износ поршней за одно испытание составлял 0,1–0,15 мм, что позволило обеспечить их многократное использование. Вид поршней в сборе с поршневыми кольцами ЭДМ тепловых торпед калибра 324 мм после эксплуатации показан на рисунке 12.



Рисунок 12 – Вид поршней из сплава ПТ-3В в сборе с поршневыми кольцами из стали 4Х5МФ1С после эксплуатации: 1 – покрытие молибденом на поршне; 2 – покрытие молибденом на поршневых кольцах



Рисунок 13 – Вид вала ХЧ из сплава ПТ-3В с покрытием молибденом после эксплуатации

Валы ХЧ тепловых торпед калибра 533 мм изготавливали из титанового сплава ПТ-3В с покрытием молибденом. Вал ХЧ после эксплуатации УГСТ приведён на рисунке 13.

Втулки ХЧ тепловых торпед калибра 324 мм изготавливали из стали 14Х17Н2. Ввиду трения покрытия по подшипникам скольжения из эпоксидного углепластика УГЭТ с наличием твердых углеродных волокон для обеспечения износостойкости пары трения необходимо было иметь повышенную твердость молибденового по-

крытия. Поэтому ВТО валов и втулок ХЧ не производилась. Многолетняя эксплуатация поршней, валов и втулок ХЧ показала высокую надежность разработанного покрытия.

ВЫВОДЫ

1. Плазменное покрытие из молибдена является эффективным средством обеспечения износостойкости пар трения в ЭДМ УГСТ.

2. Вакуумная термическая обработка позволяет изменять свойства покрытий, напыленных из молибденовой проволоки на титановую основу:

- повышать прочность сцепления;
- увеличивать или уменьшать пористость;
- снижать твёрдость и микротвёрдость.

3. Вакуумная термообработка при температуре 900–960° С и выдержке 1 час приводит к повышению прочности сцепления напылённого покрытия из молибденовой проволоки в 1,5–1,6 раза и снижению твердости. Полученный оптимальный режим термообработки обеспечивает удовлетворительную технологическую обрабаты-

ваемость и достаточную износостойкость покрытия из молибдена на поршнях из сплава ПТ-3В.

4. В процессе вакуумной термообработки на границе с покрытием из молибдена в титановом сплаве ПТ-3В образуются несколько зон различного химического состава с содержанием молибдена до 17%.

5. Положительные результаты технологических исследований, проведенных стендовых и натурных испытаний позволили обеспечить износостойкость пар трения «поршень–гильза цилиндра» и «вал–подшипник» скольжения из углепластика УГЭТ в серийном производстве ЭДМ УГСТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шаронов Е.А., Рикконен Н.М. Плазматрон УШР-2 для плазменного напыления покрытий // Сборник трудов 7-й международной конференции «Пленки и покрытия – 2005» – СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2005.
2. Корнилов И.И. Титан. Источники, составы, свойства, металлохимия и применение. – М.: «Наука», 1975.
3. Лифшиц Б.Г. Металлография. – М.: Металлургия, 1990.
4. Борисова Е.А. и др. Металлография титановых сплавов. – М.: Металлургия, 1980.
5. S. Barzilai, C. Toher, S. Curtarolo, O. Levy The molybdenum-titanium phase diagram evaluated from *ab-initio* calculations // Phys. Rev. Materials 1, 023604 (2017) - URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/0023/1e9cd8086913e139393ad44a374586c89416.pdf>
6. P. Sochacka, A. Miklaszewski, M. Jurczyk, The Influence of Mo Content on Phase Transformation in Ti-Mo Alloys // Archives of Metallurgy and Materials 62 (2017), 4, 2051-2056 - URL: <https://www.degruyter.com/view/j/amm.2017.62.issue-4/amm-2017-0304/amm-2017-0304.xml>

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ВОЕННЫХ ЦЕЛЯХ

Перспективная разработка систем вооружения сегодняшнего дня является частью надвигающегося технологического скачка и «военной революции» в ведении боевых операций на море (под водой), в воздухе и на суше. Среди глобальных ключевых технологий прежде всего стоит назвать оружие на новых физических принципах – боевые лазеры, СВЧ-излучатели и электромагнитные рельсовые пушки (railgun). Разработка оружия на новых физических принципах является предтечей оружия третьей мировой войны. Достаточно успешно идут разработки «микроволновок», которые небезосновательно претендуют на титул «убийц радаров», корабельных, авиационных и наземных. Эти же излучатели смогут эффективно использоваться для борьбы с высокоточным оружием. Учитывая перечисленные достоинства этих видов электромагнитного оружия целесообразно рассмотреть генезис развития такого оружия для решения задач, в том числе для защиты кораблей от различных видов оружия противника.

1. Генезис развития электромагнитных систем в военном деле

Старейшие варианты теории электромагнитного излучения восходят к временам Христиана Гюйгенса. В 1678 году Х. Гюйгенс выпустил «Трактат о свете», в котором были изложены основы волновой теории света. В 1690 году он изложил теорию отражения, преломления и двойного лучепреломления в таком виде, как она излагается теперь в учебниках физики.

Принцип Х. Гюйгенса, впоследствии развитый О. Френелем – «Принцип Гюйгенса-Френеля», сыграл важную роль в волновой теории света и дифракции. Но еще ранее, в 1660–1670 гг., существенный теоретический экспериментальный вклад в физическую теорию света внесли И. Ньютон и Р. Гук.

Многие положения корпускулярно-кинетической теории М. Ломоносова (1740–1750) превосходят постулаты электромагнитной теории: вращательное («коловратное») движение частиц как прообраз электронного облака, волновая («зыблющаяся») природа света, общность

его с природой электричества в отличие от теплового излучения и т.д.

В 1800 году английский ученый У. Гершель открыл инфракрасное излучение. В 1801 году И. Риттер открыл ультрафиолетовое излучение. Существование электромагнитных волн предсказал английский ученый М. Фарадей в 1832 году.

В 1865 году английский физик Д. Максвелл завершил построение теории электромагнитного поля классической (не квантовой) физики, строго оформив её математически. На основе разработанной теории Д. Максвелл определил скорость распространения электромагнитных волн и обосновал предположения о том, что свет является электромагнитной волной.

В 1882 году немецкий физик Г. Герц подтвердил теорию Д. Максвелла опытным путем. Интересно, что Г. Герц не верил в существование этих волн и проводил свои опыты с целью опровергнуть выводы Д. Максвелла, но вынужден был их подтвердить. 8 ноября 1885 г. В. Рентген открыл электромагнитное излучение (получившее впоследствии название – рентге-

новское) более коротковолнового диапазона, чем ультрафиолетовое.

В конце XIX столетия белорусский ученый, профессор Я. Наркевич-Иодко впервые в мире исследовал возможности использования электромагнитного излучения газоразрядной плазмы для электрографии (визуализации) живых организмов, то есть для нужд практической медицины.

В 1900 году П. Виллард при изучении излучения Радия открыл гамма-излучение.

В том же году М. Планк, при теоретическом исследовании проблемы излучения абсолютно черного тела, открывает квантованность процесса электромагнитного излучения. Эта работа стала началом квантовой физики.

Начиная с 1905 года А. Эйнштейн, а затем М. Планк публикуют ряд работ, приведших к формированию понятия фотона, что стало началом создания квантовой теории электромагнитного излучения. Дальнейшие работы по квантовой теории излучения и его взаимодействию с веществом привели в итоге к формированию квантовой электродинамики в её современном виде. Вопросом квантования электромагнитного излучения и его взаимодействия с веществом, кроме М. Планка и А. Эйнштейна, занимались Ш. Бозе, М. Бор, В. Гейзенберг, Д. Бройль, П. Дирак, Ф.Фейнман, Д. Швингер, С. Томонагу и др.

2. Физические основы электромагнитных излучений и их классификация

Электромагнитное излучение способно распространяться практически во всех средах (воздух, вода, вакуум и др.). В вакууме электромагнитное излучение распространяется без затухания на сколь угодно большие расстояния, но в ряде случаев достаточно хорошо распространяется и в пространстве, заполненном веществом (несколько изменяя при этом свое поведение).

Среди электромагнитных полей вообще, порождённых электрическими зарядами и их движением, принято относить собственно к излучению ту часть переменных электромагнитных полей, которая способна распространяться наиболее далеко от своих источников – двигающихся зарядов, затухая наиболее медленно с расстоянием.

Основными характеристиками электромагнитного излучения принято считать частоту, длину волны и поляризацию. Длина волны прямо связано с частотой через (групповую) скорость распространения излучения. Групповая скорость распространения электромагнитного излучения в вакууме равна скорости света, в других средах эта скорость меньше. Фазовая скорость электромагнитного излучения в вакууме также равна скорости света, в различных средах она может быть как меньше, так и больше скорости света.

Электромагнитное излучение принято классифицировать по частотному диапазону на следующие поддиапазоны (см. таблицу):

- радиоволны;
- микроволновое излучение;
- инфракрасное излучение (тепловое);
- видимое излучение (оптическое);
- ультрафиолетовое излучение;
- рентгеновское излучение и жесткое (гамма-излучение).

Между диапазонами нет резких переходов, они иногда перекрываются, а границы между ними условны.

Распространение электромагнитных волн, временные зависимости электрического $E(t)$ и магнитного $H(t)$ полей, определяющих тип волн (плоские, сферические и др.), вид поляризации и другие особенности зависят от источника излучения и свойств среды.

Таблица

Название диапазона		Длины волн, λ	Частоты, ν	Источники
Радио- волны	Сверхдлинные	более 10 км	менее 30 кГц	Атмосферные явления. Переменные токи в про- водниках и электронных потоках (колебательные контуры)
	Длинные	10 км–1 км	30 кГц–300 кГц	
	Средние	1 км–100 м	300 кГц–3 МГц	
	Короткие	100 м–10 м	3 МГц–30 МГц	
	Ультракороткие	10 м – 1 мм	30 МГц–300 ГГц	
Инфракрасное излучение		1 мм–780 нм	300 ГГц–429 ТГц	Излучение молекул и ато- мов при тепловых и элек- трических воздействиях
Видимое (оптическое) излучение		780–380 нм	429 ТГц–750 ТГц	
Ультрафиолетовое		380–10 нм	$7,5 \times 10^{14}$ Гц– 3×10^{16} Гц	Излучение атомов под воздействием ускоренных электронов
Рентгеновские		10 нм–5 пм	3×10^{16} – 6×10^{19} Гц	Атомные процессы при воздействии ускоренных заряженных частиц
Гамма		менее 5 пм	более 6×10^{19} Гц	Ядерные и космические процессы, радиоактивный распад

3. Первые проекты в разработке рельсотронного оружия до 50-х годов XX столетия

Поиски альтернативы использования пороха в качестве рабочего вещества для разгона снаряда в стволе оружия начались очень давно.

Впервые идеи использовать электрический ток вместо пороховых зарядов для отправки в цель пуль и снарядов возникла еще до XX века. Так, в Лондонском журнале «The Mechanics' Magazine, Museum, Register, Journal, and Gazette», в томе № 43 за 5 июля–27 декабря 1845 г. на странице 16 можно найти небольшую заметку о так называемой «электрической пушке» конструкции Бенингфилда (оригинальное название – Beningfield's «Electric Gun»), в которой сообщается о том, что на Кинг-стрит в Вестминстере прошли «очень интересные эксперименты с электрической пушкой, изобретение мистера Бенингтона из Джерси».

В 1890 году русский изобретатель Н. Бенардос, широко известный как изоб-

ретатель дуговой электросварки, представил проект корабельной электрической пушки. В 1895 году австрийский инженер Франц Оскар Лео Эльдер фон Гефт предложил проект катушечной электромагнитной пушки, предназначенной для запуска космических кораблей на Луну. Аналогичное оружие было разработано американским изобретателем Л. Гарднером для обороны крепостей или боевых кораблей, как писала 27 февраля 1900 г. канзасская газета «Освего таймс».

Все эти проекты оказались только проектами, реализовать которые на практике в то время не представлялось возможным.

Первый более или менее реальный план создания электромагнитной пушки предложил норвежец Кристиан Олаф Бернард Биркеланд – профессор физики в университете Осло. В сентябре 1901 г. он получил патент на «Электромагнитную пушку катушечного типа», которая должна была, согласно проведенным ученым расчетам, придать снаряду массой 450 г начальную скорость 600 м/с.

В начале Первой мировой войны французский инженер Андрэ Луи-Октав Фашон-Виллепле предложил «Электрический аппарат для движения снаряда», конструктивно представлявший собой два параллельных медных рельса, помещенных внутри ствола, поверх которого были навешаны катушки из провода. По проводам пропускался электрический ток от батареи

или механического генератора. При движении по рельсам оперенный 50-граммовый снаряд своими «крыльями» последовательно замыкал контакты указанных выше катушек и таким образом постепенно двигался вперед, набирая скорость 200 м/с (рисунок 1).



Рисунок 1 – Принцип действия электромагнитной пушки

Задавшись целью увеличить дальность артиллерии, русские инженеры Подольский и Ямпольский в 1915 году создали проект «магнитно-фугальной» (электромагнитной) пушки. Её ствол предполагалось выполнить в виде ряда катушек индуктивности, в которые должен был подаваться ток. Авторы утверждали, что при заданной мощности электростанции снаряд, разгоняемый электромагнитами по 50-метровому стволу, разовьет скорость 915 м/с и пролетит до 300 км.

Эксперты Артиллерийского комитета сочли реализацию проекта Подольского и Ямпольского «несвоевременной». Фактическая речь в этих предложениях шла о

первом прототипе современных рельсотронов (рисунок 1). Но для этого потребовались исследования, которые продолжались еще долгие годы.

В июле 1932 г. в журнале «Modern Mechanics and Invents» выходит статья «Электрическая пушка не использует пороха», в которой представлен проект Британских изобретателей – «магнитная пушка». В ней в общем виде описывалась конструкция орудия так называемого катушечного типа или пушка Карла Гауса, известного трудами в области теории электричества и магнетизма. При её создании предлагалось использовать результаты опытов английских экспериментаторов доктора Уолла и докто-

ра Капицы. В те годы Петр Леонидович Капица, знаменитый советский ученый, академик, лауреат Нобелевской премии, работал в Великобритании. Поэтому вполне объективно описанный в журнале проект является не британским, а британо-советским. Год спустя в американском журнале «Популярная механика» выходит заметка о «бесшумном пулемете», который может практически бесшумно стрелять стальными пулями: выстрел производится при помощи 17 электромагнитов, а длина стволов «электропулеметов» составляет 81,3 см.

Наконец, в 1934 году в США Вирджил Риксби, американский изобретатель из Сан-Августина (штат Техас), получает патент на автоматическую электрическую пушку, которая была описана в указанном американском журнале. Причем катушки, которые монтировались снаружи ствола, по всей её длине, включались в работу последовательно посредством специального таймера.

Спустя два года Эдвин Фитч Нортруп, профессор Пристонского университета, построил электромагнитное оружие с 18-ствольными катушками.

В 1944 году во время Второй мировой войны инженер министерства вооружения Третьего рейха Иоахим Ханслер при содействии главного инспектора Бунзеля спроектировал и построил 10-мм (по другим данным 20-мм) пушку катушечного типа LM-2, которая имела длину ствола около 2 м. Ханслеру удалось разогнать 10-граммовый алюминиевый «снаряд» цилиндрической формы до скорости 1080 м/с, а соединив последовательно две пушки – до скорости 1200 м/с. На основе работ Ханслера специалисты Люфтваффе даже подготовили техническое задание на электрическую зенитную пушку с начальной скоростью снаряда на менее 2000 м/с и скорострельностью 12 выстрелов в минуту. Данная пушка, как и многие другие образцы Wunderwaffe (чудо-оружие), в серию не пошла, т.к. «тысячелетний рейх» рушился

под ударами советских и союзных войск. Опытный проект и проектная документация попала в руки американских военных. По результатам своих испытаний американцы в 1947 году вынесли заключение: направляющие рельсы пушки подвержены сильной тепловой эрозии, а для нормальной работы пушки требуется энергия, которой можно осветить половину такого города как Чикаго.

В СССР в 1938 году в издательстве Наркомата обороны была выпущена книга В.П. Внукова «Артиллерия», в которой автор изложил суть построения электропушки калибра 76,2 мм и какие проблемы при этом возникают для разгона такого снаряда до больших скоростей. Автор сделал вывод, что имеемое оборудование не выдержит величины удара, который произойдет при коротком замыкании тока огромной силы.

Таким образом, до 50-х годов прошлого века решить проблему по созданию электромагнитной пушки не удалось. Однако, военные ведомства во многих странах продолжали требовать создать «чудо-оружие».

4. Основные направления развития электромагнитного оружия во второй половине XX века

Во второй половине XX века идея использования электромагнитного оружия получила второе дыхание, и во многих государствах приступили к финансированию разработок электромагнитной пушки. Одним из родоначальников отечественных разработок в этой области был выдающийся советский ученый, исследователь плазмы Л.А. Арцимович, который ввел в отечественную терминологию понятие «рельсотрон». За основу разработки была положена конструкция, представляющая собой две подсоединенные к источнику электроэнергии и расположенные параллельно электропроводные шины (металлические рельсы). Между электропроводными шинами, с «ка-

зенной» части, размещался электропроводящий снаряд (рисунок 1), замыкающий электрическую цепь, подключённую к источнику мощного постоянного тока. Разгоняемая электропроводная масса снаряда располагалась между рельсами, замыкая электрическую цепь, и, приобретая ускорение за счет силы Лоуренца, которая возникала при замыкании цепи возбужденным нарастающим током магнитного поля. Сила Лоренца (сила Ампера) действовала на рельсы, приводя их к взаимному отталкиванию.

В физике рельсотрона модель вектора силы может быть вычислена через закон Био-Савара-Лапласа и формулу силы Лоренца. Для вычисления этой силы необходимо знать магнитную постоянную материала сердечника, диаметр рельсов (при круглом сечении), расстояние между серединами рельсов (d) и рабочую силу тока в системе (I). Из закона Био-Савара-Лапласа следует, что магнитная индукция поля на

определенной дистанции (S) от бесконечного провода с током вычисляется по формуле

$$B(S) = \frac{\mu_0 I}{2\pi S}. \quad (1)$$

Следовательно, в пространстве между двумя бесконечными проводами, расположенными на расстоянии d друг от друга, модуль магнитного поля можно выразить следующей формулой:

$$B(S) = \frac{\mu_0 I}{2\pi S} \left(\frac{I}{S} + \frac{I}{d-S} \right). \quad (2)$$

Для того чтобы получить среднее значение для магнитного поля на рельсотроне при условии, что радиус рельсы R намного меньше расстояния между ними и, считая, что рельсы могут считаться парой полубесконечных проводников, можно вычислить следующий интеграл:

$$B_{\text{ср}} = \frac{I}{2\pi} \int_{\tau}^{d-\tau} B(S) dS = \frac{\mu_0 I}{4\pi d} \int_{\tau}^{d-\tau} \left(\frac{I}{S} + \frac{I}{d-S} \right) dS = \frac{\mu_0 I}{2\pi d} \ln \frac{d-\tau}{\tau} = \frac{\mu_0 I}{2\pi d} \ln \frac{d}{\tau}. \quad (3)$$

По закону Лоренца, магнитная сила на проводниках рельсотрона с током равна IdB .

Предполагая, что ширина снаряда – проводника равна d , получаем

$$F = IdB_{\text{ср}} = \frac{\mu_0 I^2}{2\pi} \ln \frac{d}{\tau}. \quad (4)$$

Эта формула основывается на допущении, что расстояние между точкой, в которой измеряется сила F , и началом рельса больше, чем расстояние между рельсами в 3–4 раза. Чтобы оценить силу более точно, необходимо учитывать геометрию рельс и снаряда.

С изготовлением рельсотрона связан ряд серьезных проблем: импульс тока должен быть настолько мощным и резким, что снаряд не успевал бы испариться и разлететься, но при этом возникала ускоряющая сила, разгоняющая его вперед. На снаряд или плазму действует сила Лоренца, по-

этому сила тока важна для достижения необходимой индукции магнитного поля и важен ток, протекающий через снаряд перпендикулярно силовым линиям индукции магнитного поля.

При протекании тока через снаряд материал снаряда и рельса должен обладать:

- как можно более высокой проводимостью;
- снаряд – как можно меньшей массой;
- источник тока – как можно большей мощностью и меньшей индуктивностью.

Особенностью рельсового ускорителя является то, что он способен разгонять сверхмалые массы до сверхбольших скоростей.

Практически рельсы изготавливают из бескислородной меди и без покрытия серебром, а в качестве снарядов используют алюминиевые брусочки или полимер-

ные материалы в сочетании с проводящей средой.

В качестве источника питания используют батареи высоковольтных конденсаторов, которые заряжаются от мощного генератора, униполярных генераторов, икомпульсаторов и других источников электрического питания с высоким рабочим напряжением, а самому снаряду перед вхождением на рельсы стараются придать как можно бóльшую начальную скорость.

В тех рельсотронах, где снарядом является проводящая среда, после подачи напряжения на рельсы снаряд разогревается и сгорает, превращаясь в токопроводящую плазму, которая далее также разгоняется. Таким образом рельсотрон может стрелять плазмой. В таком варианте при использовании рельсотрона под водой облако плазмы может эффективно использоваться против торпед, идущих на корабль.

5. Современное состояние и аспекты использования электромагнитного оружия за рубежом и в России

5.1 Современное состояние разработки электромагнитного оружия за рубежом.

Боевые рельсотроны имеют множество преимуществ по сравнению с традиционными средствами вооружения. К этим преимуществам следует отнести большую скорость и дальность полета снаряда. По оценке американских специалистов 32-мегаджоульная электромагнитная пушка способна (пока, как говорится, чисто теоретически) послать 10–15-килограммовый снаряд на дальность порядка 150–200 км, а его начальная скорость в 5 раз превзойдет скорость звука, то есть составит примерно 1655 м/с. Для сравнения: 127 мм корабельная установка Mk-45 Mod.4, принятая на вооружении ВМС США в 2000 году, имеет дальность стрельбы 24,1 км и начальную скорость снаряда 807,7 м/с.

Первый крупный рельсотрон был спроектирован и построен в 1970-х годах

Джоном П. Барбером из Канады и его научным руководителем Ричардом А. Маршаллом из Новой Зеландии в Исследовательской школе физических наук Австралийского национального университета.

Работы в области создания электромагнитных пушек шли с такой активностью и демонстрировали такие результаты, что рельсотроны «прописались» даже в американской программе СОИ (стратегическая оборонная инициатива), утвержденной президентом США Рональдом Рейганом 23 марта 1983 г. и более известной как программа «звездных войн».

В США вновь, как уже не раз бывало, вперед вырвался флот. На протяжении только последних нескольких лет моряки тратили на боевой рельсотрон по 40 миллионов долларов в год, и вот в октябре 2006 г. на полигоне американского исследовательского центра в Дальгрене из опытного рельсотрона – первого прототипа перспективной боевой рельсотронной пушки – был выполнен выстрел снарядом массой 3,2 кг, мощность выстрела которого составила 8 МДж. А полтора года спустя 31 января 2008 г. там же был произведен выстрел аналогичным 3,2-килограммовым алюминиевым снарядом, успешно поразившим наполненный песком металлический бак. «К настоящему времени уже почти достигнут предел возможностей для используемых в артиллерии пороховых зарядов, а нынешние опыты являются первым шагом на пути создания тактически пригодных рельсотронных пушек с мощностью выстрела 64 МДж», – отметил после испытаний представитель центра в Дальгрене Чарльз Гарнетт. При этом он добавил, что рельсотронная пушка вполне способна отправить снаряд массой 18 кг на дальность 200 миль (около 370,4 км) – на порядок дальше, чем современная американская корабельная арт установка Mk-45.

На последних испытаниях рельсотрона BLITZER на армейском полигоне в Dugway в штате Utah, о котором рассказал разработчик, компания «General Atomics»,

стреловидный металлический сердечник, приобретя начальную скорость около 2 км/с, поразил навывлет лист из броневой стали, а затем пролетел по инерции 7 км. Американский флот уже выделил разработчикам 10 млн. долл., поставив при этом задачу разработать систему автоматической подачи снарядов, систему охлажде-

ния, а также мощные и энергоемкие импульсные системы питания.

Командование ВМС США пока надеется получить первый образец корабельного боевого рельсотрона в течение 2020–2025 гг. Потенциальными носителями его могут стать перспективные эсминцы УРО типа «Zumwalt» (рисунок 2).



Рисунок 2 – Эскадренный миноносец УРО «Zumwalt» (DDG-1000 Zumwalt)

Китайские специалисты ВМФ ведут разработки рельсотронного оружия более двадцати лет, достигнув больших успехов в этом направлении, а исследования в области электромагнитного оружия в целом там ведутся с 1980-х годов. Первые сведения о прототипах нового оружия, созданных и испытанных в Китае, появились в 2005 году. Уже сейчас им удалось установить электромагнитную пушку на десантный корабль типа 072-III "Хайяншань" с бортовым номером 936 (рисунок 3). Таким образом Китай может стать первой страной, протестировавшей рельсотронное оружие на море. Технические риски и расходы на эксплуатацию нового оружия потребуют еще некоторое время для отладки этих пушек и систем их управления. До конца не решен вопрос с огромным энергопотреблением рельсотронных пушек.

Агентство по оборонным разработкам «ADD» южнокорейского военного ведомства работает над созданием электро-

магнитных бомб, предназначенных для уничтожения информационных систем потенциального противника. Как сообщает «The Korea Times», разработку боеприпасов планируется завершить в текущем году.

Бомбы, способные генерировать электромагнитные импульсы и микроволновые излучения высокой мощности, позволяют выводить из строя не только системы управления и связи, но также компоненты всех видов вооружения и военной техники. Принцип действия таких бомб основан на создании в радиусе нескольких сотен метров от места взрыва электромагнитного поля, вызывающего в электрических проводниках кратковременный скачок напряжения в тысячи вольт. При этом необходимый эффект достигается даже в том случае, если оборудование находилось в обесточенном состоянии.



Рисунок 3 – Десантный корабль типа 072-III «Хайяншань»

Подобные разработки и испытания проводятся в ряде других стран.

5.2 Современное состояние разработки электромагнитного оружия в России

В середине 80-х годов советскими учеными был создан прототип рельсотрона, который имел мощность в аналогичных системах, превосходящий зарубежные образцы. Скорость снаряда, изготовленного из пластмассы, по своим размерам сравнимого с бутылочной пробкой, достигала 9 960 м/с и пробивала 3 слоя дюралюминия толщиной 4 см.

Создание оружия на новых физических принципах: лучевого, физического, волнового, генного, психофизического и т.д. было заложено в программах до 2020 года.

Электромагнитное оружие, безусловно, является одним из самых перспективных, сообщил ИТАР-ТАСС. В управлении вооружения и эксплуатации ВМФ Российской Федерации считают, что такую систему вполне можно установить на корабле. У нового оружия очень высокая скорость вылета снаряда, почти ракетная дальность стрельбы – до 500 км. Разрушительная сила, если верить результатам испытаний, тоже высока. В некоторых

случаях это может даже позволить отказаться от использования в снарядах взрывчатки.

А отсутствие гильз с пороховым или химическим зарядом существенно повышает уровень безопасности хранения на корабле боезапаса, а также позволяет брать на борт гораздо большее количество боеприпасов. К тому же стоимость одного выстрела такой пушки будет обходиться, скорее всего, в сотни раз дешевле пуска крылатой ракеты, отметил один из экспертов.

В России разработкой рельсового оружия занимаются ученые из Шатурского филиала Объединённого института высоких температур РАН, причем там пошлы по пути, несколько отличному от американского.

Создатели отечественной «рельсы», не мудрствуя лукаво, решили, что все новое – это хорошо забытое старое и предложили для решения проблемы подачи энергии устройство, в чем-то напоминающее о привычных нам артиллерийских снарядах. Роль гильзы с порохом в «рельсотроне Арцимовича» играет взрывомагнитный генератор, полное сгорание которого создает мощный электромагнитный импульс, необходимый для разгона снаряда силой Лоренца.

Внутри генератора находится еще одна пушка, на сей раз электротермическая, в которую изначально и помещен снаряд. От рельсовой пушки она отличается отсутствием собственно «рельсов», разгон осуществляется при помощи давления, создаваемого мгновенным выбросом высокотемпературной плазмы. Отлитая из легких полимеров пушка весом всего в 2 г насквозь прошибает несколько поставленных в ряд мишеней из сплава стали с дюралем, оставляя в каждом из них огромные рваные дыры.

Сотрудники шатурского филиала, кстати, предлагают использовать свои «гильзы» отдельно от рельсовой пушки – в качестве боевых частей зенитных ракет, что даст возможность не только наносить воздушным целям физические повреждения, но и выжигать всю их электронную начинку импульсом от подрыва взрывомагнитного генератора.

Энергия, обеспечивающая выход снаряда из рельсотрона имеет очень большую величину, поэтому необходимо иметь надежную систему охлаждения. За ее основу можно принять разработки Ракетно-космической корпорации «ЭНЕРГИЯ» им. С.П. Королева, где была создана новая система охлаждения энергетических установок и которая наиболее приемлема для разрабатываемых электромагнитных пушек. Она снижает энергозатраты и делает ее экономичной. Эта система охлаждения содержит трубопроводы, по которым подается реагент на рельсотрон.

Российские ученые создали устройство, с помощью которого можно выводить из строя электронику. Прибор размером с небольшой портфель способен буквально за мгновение сделать неработоспособными все электронные компоненты систем вооружения противника.

По словам академика РАН Владимира Фортова, устройство, представляющее собой компактный источник излучения, обладает мощностью в 1 ГВт.

Прибор достаточно включить на 1 с, чтобы полностью вывести из строя всю электронику противника: локаторы, приборы ночного видения, электронные прицелы, системы самонаведения торпед и ракет, мобильные средства связи, ГПС-приемники.

С помощью этого оружия можно на расстоянии подрывать радиоуправляемые мины, сбивать с курса истребители, останавливать танки.

Устройство имеет несколько модификаций, которые варьируют мощность источника излучения: в одних его хватает на километр, в других на 200 метров. Есть также разработки, отключающие электронное оборудование лишь на 20–30 мин, то есть на время проведения спецоперации.

По словам академика В. Фортова, оружие отличное, но в нем есть один недостаток: оно выводит из строя не только вражескую аппаратуру, но и, разумеется, собственную электронику, находящуюся в зоне охвата.

Эти разработки позволяют сделать следующие заключения: учитывая малогабаритность устройств можно сконструировать реактивную глубинную бомбу в габаритах существующих противолодочных комплексов РБУ-1000, РБУ-1200, РБУ-2500, РБУ-6000, с помощью которых при стрельбе из РБУ по идущей на корабль торпедой залповым огнем обеспечить защиту корабля путем выведения из строя всей электронной аппаратуры, включая систему самонаведения. Также представляет интерес использование электромагнитных источников в антиторпедах. Объем водной среды, в которой будет обеспечиваться вывод из строя аппаратуры, будет зависеть от конструктивного исполнения таких противолодочных бомб и антиторпед.

ВЫВОДЫ

История разработки электромагнитного излучения проводилась во многих странах мира в течении нескольких столе-

тий. Первые трактаты по теории электромагнитного излучения были опубликованы еще в 1628 году Х. Гюйгенсом. В последующие десятилетия были заложены основные положения теории электромагнитных излучений, существенный вклад в развитие этой теории внесли О. Френель, И. Ньютон, Р. Гук, М. Ломоносов, Д. Максвелл, Г. Герц, В. Рентген, А. Эйнштейн, М. Планк, Н. Бор и многие другие. На базе этих исследований появилась идея использовать энергию электромагнитных излучений в военных целях. Особенно интенсивные работы по созданию и использованию электромагнитного оружия начали проводиться со второй половины XX века. Создание боевых рельсотронов продолжается во многих странах мира и в настоящее время. Проекты рельсотронов в разное время разрабатывались в Канаде, Австралии, Великобритании, Югославии и других странах. Но наибольших успехов в разработке и создании электромагнитных пушек достигли ученые США и СССР, в годы холодной войны.

О советских достижениях до сих пор мало что известно, так как они были

строго засекречены. Но, по мнению отечественных инженеров, нашим ученым удалось вплотную приблизиться к возможности создания электромагнитного оружия с автономными источниками питания на мобильных носителях: корабельных, авиационных, сухопутных и даже в разработке индивидуального стрелкового оружия на этих принципах. В настоящее время разработкой рельсового оружия занимаются ученые из Шатурского филиала Объединённого института высоких температур РАН, исследования в котором ведутся по пути, отличному от американских разработок.

На сегодняшний день нельзя сделать заключение, что работы по созданию систем вооружения на базе исследований электромагнитных излучений завершены.

Впереди многочисленные испытания различных вариантов конструкций как реактивно-глубинных бомб и антиторпед, имеющих в своем составе электромагнитный источник, так и пусковых установок, и систем управления ими.

ЛИТЕРАТУРА

1. Байков А. Оружие будущего – рельсотроны [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.pravda.ru/science/technologies/19-06-2013/1161137-relsotron-0/#> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 03.01.2018).
2. Василий С. Китайцы установили на корабль необычную пушку. Это может быть рельсотрон. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nplus1.ru/news/2018/02/02/railgun> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 04.02.2018).
3. Володин А. Призрачные цели электромагнитного оружия [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://vpk.name/news/60294_prizrachnyie_celi_elektromagnitnogo_oruzhiya.html – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 04.01.2018).
4. Галанин М.П. и др. Тепловые электромагнитные процессы на контактах электродинамического ускорителя. Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН – 2000. № 42.
5. Дмитрий Г. На китайский корабль установили гигантскую пушку [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rg.ru/2018/02/02/na-kitajskij-korabl-ustanovili-gigantskuju-pushku.html> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 04.02.2018).
6. Дмитрий С. 10 удивительных видов оружия будущего [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.porpmech.ru/weapon/350662-10-udivitelnykh-vidov-oruzhiya-budushchego/> (Дата обращения: 03.01.2018).
7. Круглов А. Электромагнитное оружие перевернет представления о боевых возможностях армии и флота. [Электронный ресурс] / А. Круглов // Совершенно секретно: журн. – 06.2014 – № 7/302. – Режим доступа: <http://www.sovsekretno.ru/articles/id/4141/> (Дата обращения: 03.01.2018).
8. Носов Г.В. К расчету параметров и эффективности преобразование энергии рельсотроном. Извещения Томского политехнического университета – 2007. Т. 310. № 2.

9. Носов Г.В. Генерирование мощных импульсов тока электромагнитными источниками с изменяющейся индуктивностью. Известия Томского политехнического университета – 2005. Т. 308. № 7.
10. Носов Г.В., Лусс А.А. Определение параметров рельсотронов при импульсных токах // ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» журнал Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10-9.
11. Сергей В. Новое электромагнитное оружие вызывает всеобщий интерес [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://vpk.name/news/40378_novoe_elektromagnitnoe_oruzhie_vyizyivaet_vseobshii_interes.html – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 03.01.2018).
12. Татур Т.А. Основы теории электромагнитного поля: справочное пособие – М.: Высшая школа, 1989.
13. Титков О. Электромагнитная пушка: рельсотрон и его перспективы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.porpmech.ru/weapon/374352-elektromagnitnaya-pushka-relsotron-i-ego-perspektivy/> (Дата обращения: 03.01.2018).
14. Турченко С. Новое оружие России: Рельсотрон Арцимовича [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://svpressa.ru/society/article/40331/> – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 04.01.2018).
15. Американские рельсовые пушки: фантастическое оружие для кораблей будущего [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://topwar.ru/10844-amerikanskije-relsovyje-pushki-fantasticheskoe-oruzhie-dlya-korabley-buduschego.html> (Дата обращения: 04.01.2018).
16. Оружие будущего: на что будет способен российский рельсотрон [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tvzvezda.ru/news/ork/content/201701070852-p254.htm> (Дата обращения: 03.01.2018).
17. Оружие будущего. Электромагнитная пушка [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.pravda-tv.ru/2016/03/07/213631/oruzhie-budushhego-elektromagnitnaya-pushka> (Дата обращения: 05.01.2018).
18. Рельсотронная артиллерия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://texnomaniya.ru/voennaya-texnika/relsotronnaja-artillerija.html> (Дата обращения: 03.01.2018).
19. Россия добилась прогресса в создании электромагнитной пушки [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://lenta.ru/news/2018/01/10/railgun/> (Дата обращения: 11.01.2018).
20. Тайное Мировое Правительство: проект HAARP-лучевое библиотеки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://paranormal-news.ru/news/tajnoe_mirovoe_pravitelstvo_proekt_haarp_luchevoe_oruzhie/2013-09-06-7630 – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 04.01.2018).
21. Электромагнитная пушка – рельсотрон: испытания и перспективы оружия нового поколения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://militaryarms.ru/voennaya-texnika/artilleriya/elektromagnitnaya-pushka-relsotron/> (Дата обращения: 03.01.2018).
22. Электромагнитные пушки в России и США [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://topwar.ru/108088-elektromagnitnye-pushki-v-rossii-i-ssha.html> (Дата обращения: 03.01.2018).

АКТУАЛЬНОСТЬ И ПРАКТИКА РЕШЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ

В данной статье объединены и представлены три отдельные проблемы (модуля) в сфере управления рисками, которые дополняют друг друга и основаны на соответствующих консалтинговых работах автора.

I. Методические рекомендации по разработке и реализации Программы (Реестра) управления рисками бизнеса (предприятия/проекта)

Предлагаются соответствующие алгоритм, этапы, методы и инструменты, в том числе по идентификации, анализу, оценке, определению и оптимизации мер минимизации/покрытия рисков и соответствующей эффективности.

Основные определения

Риск – сочетание вероятности и последствий наступления неблагоприятных событий (потерь, убытков, ущербов).

Управление рисками – процесс принятия и выполнения управленческих решений, направленных на снижение вероятности возникновения неблагоприятного результата и минимизацию/покрытие возможных потерь, убытков, ущербов.

NPV – чистый дисконтированный доход – предполагаемый доход в будущем с учетом возможных рисков.

Ставка дисконтирования (дисконта) – интегральная оценка рисков.

Основные цели и задачи

Цели: повышение и максимизация доходности и эффективности бизнеса.

Задачи: минимизация и покрытие рисков – возможных потерь, убытков, ущербов и т.п.

Алгоритм, этапы, методы и инструменты

1. *Идентификация и анализ рисков (риск – аудит)*

1.1. Сбор и анализ внутренней информации.

1.2. Анализ финансово-хозяйственной деятельности, активов, ресурсов и планируемых финансовых потоков.

1.3. Сбор и анализ внешней информации (макро- и микроэкономика соответствующей сферы/отрасли).

1.4. Статистический анализ.

1.5. Идентификация и конкретизация актуальных рисков (системных и несистемных).

1.6. Определение факторов, источников, причин и следствий рисков.

2. *Оценка идентифицированных рисков* * (см. Примечание)

2.1. Определение и оценка максимально возможных убытков по каждому идентифицированному риску.

2.2. Определение вероятностей возникновения рисков.

2.3. Определение соответствующих коэффициентов вариации.

2.4. Определение вероятных величин рисков.

2.5. Интегральная оценка рисков (ставка дисконта – 1).

3. *Меры минимизации/покрытия рисков* ** (см. Примечание)

3.1. Определение мер.

3.2. Оценка и оптимизация соответствующих дополнительных затрат.

3.3. Интегральная оценка рисков с учетом принятых мер минимизации/покрытия рисков (ставка дисконта – 2).

4. Оценка и оптимизация прогнозируемой эффективности мер минимизации/покрытия рисков

4.1. Построение соответствующих финансовых моделей.

4.2. Определение и оптимизация соответствующего чистого дисконтированного дохода (NPV1, NPV2).

4.3. Определение эффективности управления рисками (NPV1-NPV2).

5. Разработка Реестра рисков (Таблица 1)

6. Разработка и реализация программы минимизации/покрытия рисков

6.1. Содержание и форма.

6.2. Структура.

6.3. Приоритеты и оптимизация.

6.4. Алгоритм, сроки и ответственность.

7. Мониторинг, контроль и корректировка

7.1. Идентификация и анализ новых рисков.

7.2. Переоценка ранее выявленных рисков.

7.3. Корректировка мер минимизации и покрытия рисков.

7.4. Оценка, пересмотр и оптимизация эффективности Программы (Реестра) управления рисками.

8. Разработка соответствующего программного обеспечения с учетом специфики бизнеса (производства/предприятия/проекта)

Примечание:

* Для интегральной оценки идентифицированных рисков последние дифференцируются как системные и несистемные.

Системные риски – риски макроэкономического характера (инфляционный, политический, валютный, процентный и т.п.). Могут определяться как безрисковая ставка дисконта на отечественном финансовом рынке, например как доходность долговых обязательств наиболее надежных государственных и/или корпоративных эмитентов, но не менее

уровня прогнозируемой (ожидаемой) отраслевой инфляции.

Несистемные риски – специфические риски, характерные для данного бизнеса (предприятия/проекта). Определяются дискретно как дополнительные премии за риски.

В итоге интегральная количественная оценка рисков (ставка дисконта) определяется методом кумулятивного построения («build-up» approach):

$$R(u) = R(\bar{b}) + ER(i), \quad (1)$$

где $R(\bar{b})$ – оценка системных рисков (безрисковая ставка дисконта); $ER(i)$ – сумма оценок несистемных рисков (дополнительные премии за риски).

При количественной оценке рисков (при наличии соответствующей информации) по каждому риску выполняется соответствующие статистический и актуарные анализы и расчеты, в т.ч. по частоте и размеру убытков/ущербов. Количественная оценка каждого идентифицированного несистемного риска осуществляется по следующей модели:

$$R(i) = Su \times q \times (1 + a \times m) / Sx (1 - f), \quad (2)$$

где Su – средний убыток по одному случаю; q – вероятность наступления убытка; a – коэффициент, зависящий от гарантии безопасности; m – коэффициент вариации убытка; S – максимальный возможный убыток; f – доля затрат на текущее управление риском.

При отсутствии необходимой информации допускается качественная оценка рисков, т.е. оценка экспертным методом.

** Основными мерами минимизации/покрытия идентифицированных и оцененных рисков являются:

– ликвидация риска (специальные дополнительные работы и/или отказ от рискованных мероприятий, конструкций, технологий, работ и т.п.);

– минимизация риска (диверсификация, мониторинг, контроль, надзор, инспектирование, инструктирование, обучение, организация, наличие спецслужб и т.п.);

– сохранение риска (игнорирование риска или создание специального резервного фонда для покрытия возможных убытков – самострахование);

– передача риска (контрактные оговорки, хеджирование, поручительство, гарантии, страхование и т.п.).

При этом затраты на реализацию этих мер имеют свой оптимум (рисунок1):

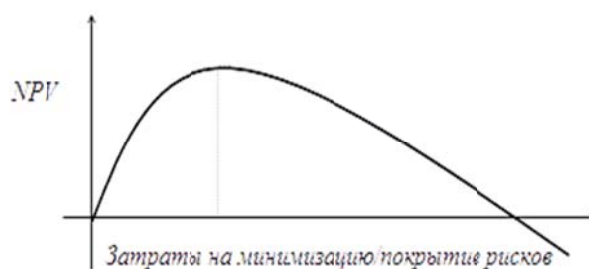


Рисунок 1 – Корреляция NPV и затрат на минимизацию/покрытие рисков

Таблица 1 – Реестр рисков

№ п/п	Идентификация и анализ рисков			Оценка идентифицированных рисков				Определение и оптимизация мер минимизации/покрытия рисков				Эффективность (NPV1-NPV2), тыс. руб.		
	Наименование риска	Объект риска	Фактор риска	Максимально возможный убыток, тыс. руб.	Вероятность риска	Коэф. вариации	Вероятная величина риска, тыс. руб.	Ставка дисконта-1	NPV1, тыс. руб.	Меры по минимизации/покрытию рисков	Затраты на минимизацию/покрытие рисков, тыс. руб.		Ставка дисконта-2	NPV2, тыс. руб.

II. Оптимизация страхового обеспечения/покрытия промышленного предприятия

Бизнес промышленных предприятий сопровождается наличием широкого спектра рисков, которые способны существенным образом повлиять на финансовую устойчивость компании. В этой связи возникает необходимость выстраивания системы страховой защиты, которая сегодня уже создана на большинстве российских предприятий. В настоящее время возникает проблема оценки эффективности выстроенных систем страхования и

оптимизации страхового портфеля компаний.

Большинство средних предприятий имеют достаточно ёмкий страховой портфель (совокупность договоров страхования). Как правило, он состоит из так называемого обязательного страхования:

- автогражданской ответственности (автопарк);
- ответственности при эксплуатации опасных производственных объектов;
- залогового и/или лизингового имущества.

Соответствующие затраты на страхование могут составлять несколько сотен

тысяч рублей в год. При этом эффективности данных затрат и соответствующего страхового портфеля уделяется недостаточно внимания.

Как правило, неэффективность последнего обуславливается завышенными страховыми премиями и франшизами относительно возможных убытков/ущербов, а также условиями договоров страхования, существенно ограничивающими объем страхового покрытия и реальную возможность страховых компенсаций (выплат).

Кроме того, в хозяйственной деятельности предприятия возможны значительные постоянные убытки/ущербы, которые игнорируются и воспринимаются как естественные издержки производства. И возможность покрытия и/или минимизации этих убытков предприятием не рассматривается.

Таким образом, комплексный анализ, оценка и оптимизация убытков/ущербов и рисков предприятия может не только повысить эффективность соответствующего страхового портфеля предприятия, но и эффективность его бизнеса.

Практический пример. Для наглядности представим пример (фрагмент отчета консалтинга) анализа, оценки и оптимизации страхового портфеля существующего производственного предприятия. Как правило, соответствующая работа состоит из следующих основных этапов:

- идентификация рисков;
- оценка рисков;
- определение мер минимизации и/или покрытия рисков и их оптимизация;
- оптимизация существующего страхового портфеля;
- разработка и реализация соответствующей Программы страхования.

Источники информации по предприятию (за последние 5 лет)

1. Действующие договоры/контракты:
 - страхования;
 - кредитные;

- лизинга;
- залога;
- другие.

2. Предоставленные статистические данные:

- непредвиденные ущербы недвижимому имуществу;
- аварии автотранспорта;
- убытки по ответственности перед третьими лицами;
- несчастные случаи с персоналом на производстве;
- поломки (аварии) и простои (как следствие) оборудования основных производств.

3. Структура продукции по основным производствам.

4. Структура себестоимости и отпускной цены продукции.

5. Справка о балансовой и остаточной стоимости соответствующих активов основных производств.

6. Свидетельство о регистрации опасных производственных объектов с приложениями.

7. Справка о страховых выплатах.

8. Интервьюирование администрации и персонала предприятия.

9. Другие сопутствующие материалы, документы и информация.

Идентификация рисков (интегральная)

Идентифицированные риски (произошедшие события) интегрированы следующим образом:

1. Имущественные риски – повреждение или гибель:
 - недвижимого имущества;
 - движимого имущества.
2. Технические риски оборудования основного производства и инфраструктуры (инженерных сооружений и обеспечения):
 - аварии (поломки);
 - соответствующие перерывы производства.

3. Риски ответственности – причинение вреда имуществу и/или жизни и здоровью третьих лиц при эксплуатации:

- недвижимого имущества;
- движимого имущества.

4. Риски несчастных случаев с персоналом.

Оценка рисков (интегральная)

Количественная оценка рисков осуществлялась путем определения внеплановых ежегодных (средних) потерь (убытков, ущербов) на основании предоставленных соответствующих данных за последние 5 лет (таблица 2).

Таблица 2 – Количественная оценка потерь

Объект риска	Риск, рублей/год	Структура рисков (степень влияния на бизнес), %
1. Имущественные риски		
1.1. Недвижимое имущество	~ 100 000	0,14
1.2. Движимое имущество	~ 36 000	0,05
2. Технические риски оборудования		
2.1. Аварии (поломки)	~ 1 000 000	1,4
2.2. Простои (перерыв) производства	~ 70 000 000	98,3
3. Риски ответственности		
3.1. Недвижимое имущество	~ 2 500	0
3.2. Движимое имущество	~ 33 000	0,05
4. Риски несчастных случаев с персоналом		
4.1. Временная утрата трудоспособности	~ 45 000	0,06
4.2. Постоянная утрата трудоспособности	0	0
4.3. Смерть	0	0
ВСЕГО:	~ 71 216 500	100

Примечание: потери (убытки) от перерыва производства предусматривают соответствующее недополучение дохода от реализации продукции.

На основании вышепредставленной оценки рисков, доминирующими рисками являются риски аварий (поломки) и соответствующего простоя основного производственного оборудования.

Несмотря на ежегодные инвестиции (капвложения) в модернизацию (замену) основного производственного оборудования, данные потери (убытки) снижались незначительно.

Оптимизация существующего страхового портфеля

Таблица 3 – Структура страхового портфеля

Вид страхования	Количество договоров/контрактов	Страховая сумма (обеспечение/покрытие), всего, руб.	Страховая премия, всего, руб.
ОСАГО	118	47 200 000	285 072
АвтоКАСКО	26	19 733 155	534 099
Имущество	14	421 494 650	1 674 706
Ответственность при эксплуатации опасных производственных объектов	1	19 700 000	76 900
Несчастный случай	1	15 000 000	115 035
ИТОГО	160	523 127 805	2 685 812

Таблица 4 – Эффективность страхового портфеля

Вид страхования	Кол-во объектов риска	Кол-во событий (случаев)	Размер ущерба, руб.	Страховая компенсация, рублей	Страховая премия, руб.	Эффективность страхования, %
ОСАГО	115	3	32 770	32 770	285 072	11,5
АвтоКАСКО	115	3	35 940	0	534 099	0
Имущество	75	0	0	0	1 674 706	0
Ответственность по ОПО	14	1	2 302	2 302	76 900	3
Несчастный случай	1 000	3,3	45 104	45 104	115 035	39,2
ИТОГО	1 325	10,3	116 116	80 176	2 685 812	3

Показатели таблицы – расчетные (среднегодовые) на основе предоставленной информации.

Проведен анализ всех действующих договоров/контрактов страхования (в т.ч. Правил страхования) с учетом альтернативных предложений существующего страхового рынка, в том числе по видам страхования и страховщикам.

Подробный анализ по ОСАГО не проводился, так как данный вид страхования является обязательным, стандартным, и анализ с целью оптимизации не актуален.

Выводы

1. Даже с учетом возможной неполноты статистических данных и возможных отклонений (дисперсии) эффективность страхового портфеля относительно низкая. Затраты на страхование значительно превышают возможные ущербы/убытки.

2. Условия страхования с учетом альтернативных предложений страхового рынка:

–относительно ограничивают страховое покрытие, выплаты и соответствующие права Страхователя, а также относительно завышены страховые премии и франшизы;

–необоснованно громоздки и противоречивы, что усложняет их юридическое восприятие и исполнение соответствующих обязательств по договору страхования.

Рекомендации

1. Страхование большинства объектов АвтоКАСКО и Имущества является обязательным обеспечением кредита и лизинга. По окончании срока кредита/лизинга, учитывая низкую вероятность возможных ущербов, дальнейшее страхование соответствующих объектов на прежних условиях нецелесообразно.

2. Принимая во внимание, что страхования ОСАГО и Ответственности по ОПО являются обязательными по Закону, а страхование от несчастного случая является социальной политикой предприятия, отказ от данных видов страхования и/или оптимизация путем уменьшения объектов страхования и соответствующих затрат нежелательно.

3. Желательны и возможны изменения условий страхования с учетом интересов Страхователя, в том числе:

– расширение объема страхового покрытия;

– предусмотрение условной франшизы вместо безусловной и в размере не более 0,5–1% от страховых сумм;

– приведение страховой суммы в соответствие со страховой стоимостью;

– изменение условий решения проблемы разногласий сторон относительно

обстоятельств, характера и размера ущерба/убытка;

- определение сроков исполнения Страховщиком своих обязательств;

- минимизация условий отказа в страховой выплате;

- ограничение возможности суброгации Страховщика к персоналу Страхователя;

- конкретизация определения размера страхового возмещения и его оптимизация;

- конкретизация территории страхования;

- минимизация необоснованных обязанностей Страхователя и конкретизация обязанностей Страховщика;

- оптимизация условий досрочного расторжения договора;

- приведение условий и порядка выплаты страхового возмещения в соответствие с принятыми существующими условиями и порядком, предусмотренными в договоре лизинга;

- снижение затрат на страхование.

4. Соответствующие страховые договора/контракты должны быть максимально лаконичными, конкретными, полными и исчерпывающими. В основном стороны должны руководствоваться положениями Главы 48 ГК РФ.

5. Необходимо кардинальный пересмотр существующих условий страхования, разработка альтернативных проектов договоров, проведение соответствующего конкурса среди Страховщиков и комплексного страхования, а также дополнительное страхование от поломок (аварий) и соответствующего простоя (перерыва) основного производственного оборудования с разработкой соответствующей Программы страхования.

III. Сравнительный анализ и интеграция систем (методов, инструментов) управления

Как правило, относительно средние и крупные предприятия, особенно с государ-

ственным участием, во исполнение соответствующих постановлений Правительства РФ и национальных стандартов внедряют у себя следующие системы (методы, инструменты) управления:

- менеджмент качества;

- внутренний аудит и контроль;

- бережливое производство;

- управление рисками.

Представленные системы разработаны на основе соответствующих международных стандартов и не всегда учитывают сложившиеся производственные менталитет, культуру и практику отечественных предприятий, особенно государственных.

Кроме того, вышеуказанные системы и соответствующие подразделения в своих функциях, как правило, пересекаются и могут дублировать друг друга.

В таблице 5 приведен сравнительный анализ соответствующих систем (методов, инструментов).

Из данного анализа следует, что актуальными задачами, в частности первых трех систем, в итоге является минимизация соответствующих потерь, убытков, ущербов и других издержек как вследствие брака, несоблюдения регламентов, потерь от излишних операций и времени и т.п., что говорит о риск-ориентированном характере данных систем.

Основной задачей системы управления рисками как раз и являются минимизация и покрытие, в том числе и вышеуказанных издержек (рисков).

Также можно отметить, что соответствующие критерии анализа и оценки в системе управления рисками в основном имеют количественный характер, что обеспечивает достаточную объективность и эффективность последней.

Первые три системы основаны на качественных критериях и предполагают субъективный подход к соответствующему анализу и оценке.

Таким образом, можно предположить целесообразность интеграции разрозненных систем и подразделений в единую структу-

ру. Причем, с приоритетным доминированием системы управления рисками как более объективной и универсальной системы, способной в том числе решать и задачи альтернативных (первых трех) систем управления с учетом актуальности риск-ориентированного подхода (мышления) последних.

Таблица 5 – Сравнительный анализ систем (методов, инструментов) управления

Менеджмент качества	Внутренний аудит и контроль	Бережливое производство	Управление рисками
1	2	3	4
<i>Определение</i>			
Совокупность организационной структуры, методик, процессов и ресурсов, необходимых для общего руководства качеством	Система контроля над соблюдением установленного порядка ведения всех видов отчетности	Концепция, основанная на постоянном стремлении к устранению всех видов потерь на рабочих местах	Процесс принятия и выполнения управленческих решений, направленных на снижение вероятности возникновения неблагоприятного результата и минимизацию/покрытие возможных потерь, убытков, ущербов, издержек
<i>Цели</i>			
Повышение доходности и эффективности бизнеса			
<i>Задачи</i>			
Удовлетворение запросов потребителя за счет постоянного улучшения качества продукции и соответствующих затрат	Соблюдение требований законодательства, внешних и внутренних регламентирующих документов	Устранения потерь, то есть устранение любых действий, которые потребляют ресурсы, но не создают ценности	Минимизация/покрытие рисков (потерь, убытков, ущербов, издержек)
<i>Характер задач</i>			
Риск-ориентированный			
<i>Основные методы и инструменты</i>			
Инструменты контроля качества: – гистограмма; – диаграмма Парето; – контрольная карта; – диаграмма разброса; – стратификация; – контрольный листок; – диаграмма Ишикавы (Ишикавы). Инструменты управления ка-	– инспектирование; – проверка документов; – инвентаризация; – обмер выполненных работ; – осмотр и обследование; – объяснение и справки; – документальное подтверждение; – пересчет; – проверка принятых решений	– поток единичных изделий; – система «Канбан»; – всеобщий уход за оборудованием; – система организации и рационализации рабочего места (рабочего пространства); – быстрая переналадка (SMED); – постоянное улучшение («Кайдзен»); – защита от ошибок («Пока-ёкэ»)	1. Анализ финансово-хозяйственной деятельности. 2. Статистический анализ. 3. Идентификация и анализ актуальных рисков (риск-аудит). 4. Количественная оценка идентифицированных рисков: – определение и оценка максимально возможных убытков по каждому идентифицированному риску; – определение вероятностей возникновения рисков; – определение соответствующих коэффициентов вариации; – определение вероятных величин рисков; – интегральная оценка рисков. 5. Определение и оптимизация мер

1	2	3	4
чеством: – диаграмма сродства; – диаграмма связей; – древовидная диаграмма; – матричная диаграмма; – сетевой график (диаграмма Ганта); – диаграмма при- нятия решений; – матрица прио- ритетов			минимизации/покрытия рисков. 6. Интегральная оценка рисков с уче- том принятых мер минимизации/по- крытия рисков. 7. Построение соответствующих фи- нансовых моделей. 8. Определение и оптимизация соот- ветствующего чистого дисконтиро- ванного дохода. 9. Разработка и реализация со- ответствующей программы минимиза- ции/покрытия рисков. 10. Мониторинг, контроль и коррек- тировка
<i>Характер критериев анализа, оценки, эффективности</i>			
Качественный - субъективный		Количественный - объективный	
<i>Основа/принцип деятельности</i>			
Регламентация и стандартизация процессов	Комплаенс	Рационализатор- ство на рабочих местах	Консалтинг
<i>Решение задач альтернативных систем</i>			
Не решает		Решает	

ЛИТЕРАТУРА

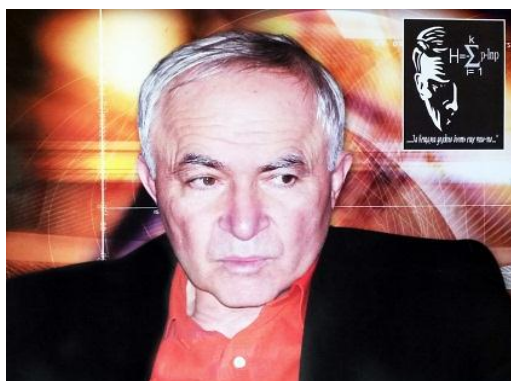
1. Гражданский кодекс Российской Федерации. Часть вторая, N14-ФЗ от 22.12.1995.
2. Методические указания, разработанные Федеральным агентством по управлению государственным имуществом и одобренные Правительством РФ (поручение Правительства РФ от 23.03.2015 № ИШ-П13-1818).
3. ГОСТ Р 51901.21-2012. Национальный стандарт РФ. Менеджмент риска. Реестр риска. Общие положения (утвержден и введен в действие приказом Росстандарта от 29.11.2012 № 1285-ст).
4. ГОСТ Р 51901.22-2012. Национальный стандарт РФ. Менеджмент риска. Реестр риска. Правила построения (утвержден и введен в действие приказом Росстандарта от 29.11.2012 № 1285-ст).
5. ГОСТ Р ИСО 31000:2010. Менеджмент риска. Принципы и руководство (утвержден и введен в действие приказом Росстандарта от 21.12.2010 № 883-ст).
6. ГОСТ Р 51901.23-23-2012. Национальный стандарт РФ. Менеджмент риска. Реестр риска. Руководство по оценке риска опасных событий для включения в реестр риска (утвержден и введен в действие приказом Росстандарта от 29.11.2012 № 1285-ст).
7. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. Национальный стандарт РФ. Менеджмент риска. Методы оценки риска (утвержден и введен в действие приказом Росстандарта от 01.12.2011 № 680-ст).
8. ISO31000 – стандарт Международной организации по Стандартизации «Менеджмент риска. Принципы и руководство».
9. Стандарты управления рисками Федерации Европейских Ассоциаций Риск Менеджеров (FERMA).
10. Федеральный закон «Об организации страхового дела в Российской Федерации», N4015-1 от 27.11.1992г..
11. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Национальный стандарт Российской Федерации. Системы менеджмента качества. Требования (утв. Приказом Росстандарта от 28.09.2015 N 1391-ст).
12. ГОСТ Р ИСО 19011-2012. Национальный стандарт Российской Федерации. Руководящие указания по аудиту систем менеджмента.
13. ГОСТ Р 56407-2015 Национальный стандарт РФ. Бережливое производство. Основные методы и инструменты.

УДК 623.9

*Группа САПР ОКБ «Дагдизель»
и коллектив АО «Концерн
«Морское подводное оружие – Гидроприбор»*

ЮБИЛЕЙ УЧЕНОГО

К 75-летию со дня рождения.



Академик АЛИЕВ
Шамиль Гимбатович

Общественную и гуманитарно-просветительскую деятельность Ш.Г. Алиева без преувеличения можно назвать уникальной как с точки зрения задумки и технологии проведения, так и по эффективности. Последняя выражается в бесчисленных письменных и устных признаниях, поступающих в адрес учёного. За исключительные заслуги, способствующие величию, славе и процветанию России, он награждён Орденом Петра Великого.

Академик Алиев Шамиль Гимбатович, представитель Санкт-Петербургской школы военного кораблестроения, генеральный конструктор САПР противолодочного оружия, лауреат Государственной премии Российского комитета оборонных отраслей промышленности, доктор технических наук по военной технике и вооружению ВМФ, профессор прикладной математики и вычислительной техники, Заслуженный деятель науки и техники России, лауреат золотых медалей Келдыша, Циолковского, Бармина.

Ш.Г. Алиев является членом диссертационного совета АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор», автором многих фундаментальных исследований, основоположником теории аналитического проектирования подводного оружия, включён в 40-томную энциклопедию РАН по разделу «Корабли и суда» и в Российскую Морскую Энциклопедию, руководитель проекта и соавтор первой в мире малой энциклопедии по торпедному оружию.

УДК 623.9: 355.49

*К.т.н. С.С. КОЛОБКОВ***О РУКОВОДИТЕЛЯХ НАШЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

В статье дана краткая характеристика руководителей в истории предприятия от НИИ-400 до АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор».

3 мая 1965 г. я поступил на работу на должность старшего инженера в ЦКБ-145, дочернее предприятие НИИ-400, находившееся на одной с ним территории. До этого я уже два года принимал участие в разработке одного из важнейших узлов (полярно координатного компенсатора) для электромагнитного искателя донных мин как контрагент от ВНИИЭП. Вместе с сотрудниками ЦКБ я ездил в командировки на завод-изготовитель и на испытания. В конце концов меня уговорили перейти на работу к головному разработчику.

В первый же день я был представлен директору – Николаю Петровичу Комарову. Характеристику мне давал В.М. Воротков, начальник группы и заместитель главного конструктора. В кабинете сидел достаточно полный человек лет шестидесяти и, как потом оказалось, и небольшого роста. Он задал мне всего один вопрос – как я представляю себе свою будущую работу. Я ответил, что уже два года работаю с группой Владимира Михайловича, и у меня есть конкретная задача, которую я решаю вместе с коллективом. Воротков подтвердил заинтересованность в этой работе, да и с финансовой стороны есть плюс, не нужен уже контрагент. Больше вопросов не было, и я видел на столе у Комарова свое личное дело, с которым он видимо уже ознакомился.

Николай Петрович Комаров был назначен начальником ЦКБ-145 в 1954 году. До этого он был партийным функционером довольно длительное время и на относительно высоких должностях. Сохранились фотографии (сейчас они в фотоархиве музея МПО), где Н.П. Комаров рядом с

С.М. Кировым на трибуне Дворцовой площади во время демонстрации. Также есть фото, где он и Киров у И.В. Сталина. По некоторым данным в последние годы своей партийной деятельности он был либо



Н.П. Комаров

помощником одного из секретарей, либо одним из руководителей кадровой службы. После выступления Н.С. Хрущева о культуре личности началась чистка партийных рядов на самом веру. Комарову предло-

жили покинуть Москву, вернуться в Ленинград и возглавить ЦКБ-145, думаю и согласия его не требовалось. Он как человек дисциплинированный занял этот пост, т.к. это был не худший вариант.

Н.П. Комаров не вмешивался в технические вопросы, этим занимался главный инженер Борис Александрович Андерсон. Это был талантливый инженер, высококлассный специалист в области морского подводного оружия (минер по специальности) очень порядочный, честный и коммуникабельный человек. Николай Петрович же представлял ЦКБ на совещаниях, всегда с кем-то из специалистов, а также замкнул на себя вопросы снабжения, финансовую деятельность и кадровые вопросы.

Первые два года я мало общался с начальником. Но, когда в 1967 году стал заместителем начальника отдела и главным конструктором темы «Медуза», мне

уже чаще пришлось сталкиваться с Николаем Петровичем, особенно в периоды отсутствия на работе моего начальника Н.М. Семенова или Андерсона. Необходимо было подписывать документы, решать вопросы с командировками и т.п. Иногда, прежде чем что-то подписать, Комаров задавал один-два вопроса. Чаще всего ответ носил пояснительный характер, особенно если это касалось техники.

Например, я как-то принес на утверждение схему блока, и он очень удивился, увидев электродную лампу (двойной триод), разделенную на половинки и нарисованную в разных местах. Пояснение звучало – это двойная лампа в одном корпусе, каждая половина которой выполняет свою функцию. Это его удовлетворило.

ЦКБ-145 находилось на территории, где и располагались родственные предприятия – ЦНИИ «Гидроприбор» и завод «Двигатель», и родилось оно из коллектива НИИ, когда требовалось освободить основных разработчиков минного и противоминного оружия от очень многоликой работы с серийными изделиями и от работ по их модернизации. Однако очень скоро конструкторское бюро стало выполнять собственные разработки, к числу которых, например, относились мина ИГДМ, контактный речной комплекс тралов РКТ, электромагнитный искатель донных мин ИУ-2.

На рубеже 60-х годов, когда Н.П. Комарову было близко к 70-ти, ему намекнули в 4ГУ МСП об уходе на пенсию. Кстати, его пенсия как работника ЦК КПСС в прошлом уже была персональная и составляла 175 рублей (пенсия обычного советского инженера не превышала 132 руб.). Кроме того, у работников ранга Комарова была еще одна привилегия, он мог получать и полную пенсию, и полный оклад. В то же время работающий пенсионер не мог получать в сумме более 300 руб. Конечно, уходить на отдых от того заработка, который составлял более 600 руб., было не просто. Но предложение об уходе прозвучало как ультиматум. Одновременно директор НИИ-400 А.М. Борушко

получил согласие начальника 4 ГУ МСП А.И. Воронина о том, что новый директор будет из числа сотрудников его института. Борушко вызвал к себе А.М. Васильева, начальника головного минного отдела №63 и предложил дать кандидатуру на пост начальника ЦКБ-145. Васильев тут же предложил Вадима Михайловича Орлова. Через день Орлов был в Москве и еще через день прибыл в Ленинград с копией приказа о назначении его начальником ЦКБ-145 (подлинник приказа шел официальным путем).

В целом коллектив ЦКБ хорошо относился к Николаю Петровичу, и его проводы прошли очень торжественно и душевно. Приехали представители Горкома партии, министерства и ряда организаций. Это был первый директор, с которым мне пришлось поработать на одной территории, где прошел 51 год моей трудовой деятельности.



В.М. Орлов

На следующий же после торжественных проводов день Вадим Михайлович Орлов позвал в свой кабинет начальников основных отделов – 2-го (Кривченко), 3-го (Корытов), 4-го (Семенов) и 6-го (Краснов) с заместителями и главными конструкторами. С работами 2 и 3-го отделов, их руководителями и главными конструкторами (Вайнер, Андреев, Атлас) он был знаком и ранее, т.к. разработки в области минного оружия шли в тесном контакте НИИ и ЦКБ. Поэтому, коротко ознакомившись с состоянием дел, он отпустил минеров. Затем побеседовал с Красновым о состоянии стандартизации, контролем за нормативными документами и их исполнением в процессе разработки, отпустил и его. Остались противоминщики, и, т.к. это было но-

вым для Орлова, разговор продлился около трех часов. В заключение Вадим Михайлович пообещал пройти по производственным помещениям и познакомиться с личным составом.

Знакомство с 4-м отделом проходило в день, когда Н.М. Семенов был в командировке, и Орлова по комнатам пришлось сопровождать мне. В отделе было 4 комнаты – большая (35 человек), две по 22 человека и одна – 8 человек. В каждой из них я представлял В.М. Орлова, он знакомился с руководителями групп, а они рассказывали, кто и чем занимается. Вопросов не было. В одной комнате на предложение задавать вопросы руководителю, прозвучал только один от бойкой женщины: «Вы женаты?» «Да, – ответил Орлов. – Уже 20 лет». И тут раздался вздох: «Жаль». Вся комната засмеялась, улыбнулся и Вадим Михайлович. После этого он позвал меня в кабинет и попросил под запись коротко повторить итоги посещения.

В первые месяцы я редко встречался с Орловым. Но вскоре умирает Б.А. Андерсон. На его похоронах были многие сотрудники ЦКБ и НИИ-400 во главе с директором А.М. Борушко, с которым Андерсон был знаком еще с 30-х годов по работе и в Остехбюро, и в ЦКБ-39.

Перед Вадимом Михайлович встал вопрос – кого назначить главным инженером, и он решил его отлично – раз он минер, то главным инженером должен быть противоминщик. Таким образом Анатолий Михайлович Шостко, главный конструктор комплекса речных контактных тралов РКТ-2, стал главным инженером, а разработкой РКТ-2 стал руководить И.Ф. Монахов, его заместитель.

Прошло несколько месяцев и Шостко уходит в отпуск. И тут, как снег на голову, меня назначают врио главного инженера. И вот целый месяц мы ежедневно работаем в контакте с В.М. Орловым. Кроме общения по производственным и техническим вопросам, в минуты отдыха мы говорили и о личном. Так я узнал, что

мы выросли на одной улице – 8-й Советской, только он на углу Дегтярной, а я в другом конце – на Новгородской. В его школу на 6-й Советской я ходил в парашютный кружок. Будучи уже кандидатом технических наук, он подвигнул меня к занятиям в аспирантуре, и я в ближайшие месяцы сдал все экзамены (но диссертацию защитил только в 1985 году).

С Вадимом Михайловичем мы сохранили добрые отношения и после того, как он перестал быть начальником ЦКБ-145, которое к тому времени называлось уже ЦКБ Исполнительных механизмов (ЦКБ ИМ). А произошло это в 1972 году, когда ЦКБ перестало существовать, и личный состав был переведен в структуры ЦНИИ «Гидроприбор». Это произошло в 1970 году. В.М. Орлов снова стал начальником сектора в минном отделении. Теперь у него появилась возможность завершить работу над докторской диссертацией, которую он успешно защитил и стал членом докторского ученого совета ЦНИИ. До его ухода на пенсию по состоянию здоровья (уже после 65 лет) мы много контактировали, тем более что я стал главным конструктором по разработкам, где основным компонентом были взрывчатые вещества, а это как раз была специализация В.М. Орлова. Он очень помог с налаживанием деловых контактов с профильными предприятиями – КНИИМ, ДНИТХМ, заводом в Чапаевске и др.

Перевод людей из ЦКБ в ЦНИИ осуществлялся следующим образом. Отдел № 2 (минный приборный) перешел в отдел №69, отдел №3 (минный конструкторский) в отдел №63. Отдел №6 (стандартизации) перешел в отдел №5. Коллектив в ЦКЮ был значительно квалифицированной стандартизаторов ЦНИИ, и поэтому Краснов возглавил объединенный отдел, но вскоре передал правление Г.М. Гривко, также из ЦКБ. Что касается нашего противоминного отдела №4, то он в полном составе был переведен в ЦНИИ под №59. В целом ни один человек из ЦКБ ИМ не был

уволен, а нашел свое место, порой и довольно высокое. Начальник ППО Смирнов стал заместителем начальника ППО в ЦНИИ, главный бухгалтер Бадхен – заместителем главного бухгалтера ЦНИИ и т.п.

Теперь в моей трудовой деятельности



А.М. Борушко

появился третий директор – Александр Михайлович Борушко. Это был человек-легенда. Еще в 20-е годы XX века, закончив МВТУ и ВМА, работал в ЦКБ-178, ЦКБ-36. В 1944 году стал первым директором НИИ-400 и до 1972 года возглавлял этот институт, с перерывом на 4 года, когда он был начальником ЦКБ-145. А.М. Борушко запомнился как порядочный, честный руководитель, никогда не повышавший голос на подчиненных. Но его тихого выговора боялись все.

Через несколько дней после перевода в ЦНИИ начальника теперь уже отдела №59 Н.М. Семенова и меня как заместителя Борушко вызвал к себе. Разговор начался с меня, т.к. Семенова Александр Михайлович знал уже много лет, еще по работе в ЦКБ-36. Я коротко рассказал о себе, моя краткость ему понравилась. Потом говорили о выполнении плановых работ и перспективах при принятии новых разработок.

Следующая личная встреча (кроме чисто деловых, производственных вопросов) произошла, когда меня назначили на должность главного конструктора сложной темы «Шланг». К этому времени у меня уже были контакты и в Министерстве, и в ГШ ВМФ. Семенов не любил ездить в Москву, поэтому эти функции были возложены на меня. Там мы часто пересекались с А.М. Борушко, и вот в личной встрече он вспомнил, что я что-то часто бываю в Москве. Я ответил, что это по

Вашей воле, ведь командировки подписываете Вы. Он рассмеялся, и дальше беседа уже носила конструктивный характер, в конце которой он обещал, если потребуется, поддержку. В 1972 году Александр Михайлович оставил пост директора и перешел на работу начальником сектора информации. И, что интересно, оставив должность, которая требовала ежеминутной концентрации и ответственности, он стал как-то еще более человечным. И даже при встречах со мной, очень молодым человеком, он открывался как человек благожелательный и доступный. Как-то он пожаловался, что решил сам уйти с поста, т.к. устал и не мог уже переносить нагрузки, да и здоровье подкачало. Умер Борушко в 1981 году, в возрасте 74 лет. В день его смерти я рано пришел на работу, встретил Л. Радомышльского, который затащил меня в свой кабинет начальника ППО. Он был другом Борушко и работал с ним почти 50 лет. Он то и сказал мне, что Александра Михайловича не стало. Ему нужен был свидетель, т.к. в сейфе лежит конверт, запечатанный Борушко, который надо вскрыть после его смерти. Мы вскрыли конверт, и там оказалась записка и примерно 1700 рублей. В записке было 2 строчки – «Это на поминки, и чтобы ни рубля из общественных сборов, если они будут» и подпись. Хоронили его на Серафимовском кладбище, народу было очень много, некрологи были и в «Ленинградской правде» и в «Вечернем Ленинграде». До этого в клубе был установлен гроб с телом А.М. Борушко, и все руководители поочередно несли траурную вахту (в том числе и я). Такой чести был удостоен ранее только один директор завода «Двигатель» Г.Д. Карташев.

С 1966 года правой рукой А.М. Борушко был главный инженер – заместитель директора по науке Радий Васильевич Исаков. И именно он был назначен генеральным директором. До этого я часто обращался к нему по различным вопросам, и всегда, если требовалась его помощь, я ее получал.

Став руководителем ЦНИИ, он не изменил



Р.В. Исаков

своим правилам. В 8 часов утра он появлялся в своем кабинете и до 9 часов принимал руководителей подразделений и главных конструкторов по вопросам, требующим его решения. Он садился, доставал пачку «Беломора», закуривал и принимал по одному, хотя в кабинете сидели все желающие. При Р.В. Исакове начались многие проекты по капитальному строительству (новые корпуса для 2 и 5 отделений), организация филиалов и отделов при заводах-изготовителях (города Уральск, Петропавловск, Горький, Махачкала, Алма-Ата, Феодосия и оз. Иссык-Куль). Прошла и внутренняя реорганизация с образованием отделений по специальностям.

В добавление к уже существовавшему с 1948 года филиалу в г. Ломоносов, в 1972 году образовали Уральский филиал ЦНИИ. С этим филиалом связана интересная история. В середине 60-х годов Валентин Иванович Егоров, у которого была дача в Усть-Нарве (Эстония), имевший много знакомых в Нарвском регионе узнал, что завод в закрытом городе Силламяэ министерства Средмаша прекратил свое существование по причине использования местных ресурсов. Это было градообразующее предприятие. Население города разъехалось – кому-то дали новую работу, кто-то переехал в Россию к прежнему месту жительства. Остались очень хорошие производственные помещения с выходом на залив, где был и пирс для судов. Освободились жилые дома. И В.И. Егоров по согласованию с А.М. Борушко и 4 ГУМСП обратился в Совет Министров и ЦК партии Эстонии, предоставить городок в ведение ЦНИИ «Гидроприбор» для размещения противо-

минного филиала и базы опытовых судов. Было получено согласование этих ведомств и оставалось только министру Судпрома М.В. Егорову встретиться с главой Эстонии Мюрисеппом и решить технические вопросы (налоги, кадры и т.п.). Егоров от встречи отказался, и этот проект был заморожен. Но филиал этого профиля был нужен, и его начали строить рядом с заводом им. Ворошилов в Уральске. Был построен прекрасный филиал с уникальной испытательной базой (гидробассейн, гидрлоток, аэродинамическая труба, стенды), которому было поручено проектирование противоминных аппаратов и аварийно-спасательных устройств. Директором стал Борис Александрович Сгибнев.

В 1973 году Р.В. Исаков предложил объединить институт, завод «Двигатель» и филиалы. Так возникло НПО «Уран». А уже в 1977 году появился еще один филиал в Грузии, в Гаграх, как испытательный полигон минного оружия. Все это потребовало от Р.В. Исакова многих сил и энергии, а ведь он был молодым еще руководителем (в 41 год – главный инженер, в 47 – генеральный директор). От нас, как руководителей отделов он требовал неукоснительного выполнения планов при максимальном качестве. И мы шли иногда на риск, чтобы не подвести институт и своего директора. Так, однажды, уже 29 декабря (а план надо было выполнить до конца года) я с риском привез в поезде из Таллина заключительные протоколы испытаний с грифом СС. Они находились на животе под ремнем. Я принес их Исакову, и мы с ним поехали тут же к заказчикам оформлять удостоверение о закрытии этого этапа. План был выполнен. При передаче этих документов в I отдел был задан вопрос как они прибыли в Ленинград. Итогом стал приказ о выговоре, но без занесения в личное дело.

Радия Васильевича знали и уважали во многих сферах и в Министерствах (не только в Судпроме), и в Минобороны, на флотах и предприятиях. Мне как-то при-

шлось воспользоваться его авторитетом. На испытаниях в Балтийске нам не хватило одного–двух выходов корабля для завершения работ. Я не придумал ничего другого как сесть в самолет, прилететь в Ленинград и обратиться к Радию Васильевичу. Сначала получил нагоняй, а затем Исаков снял трубку «вертушки» и позвонил лично командующему Балтфлотом. Он попросил его дать 2 выхода из своих возможностей (за счет боевой подготовки) без информации ГШ ВМФ. Тот согласился и я, даже не заходя домой, отбыл в Балтийск. Испытания были завершены с положительными результатами.

Радио Васильевичу, конечно, надо было выдерживать огромную нагрузку, и хотя он был достаточно молодым человеком, но все это сказывалось и на его здоровье. А ведь он еще и много курил, дым стоял в кабинете постоянно от двух пачек «Беломора» в день. С 8 утра до 7 вечера на работе, и ведь еще хотелось сходить в театр, и побыть с внуками (они постоянно жили в Москве, но часто у него гостили). Его интересовала классическая музыка. Не знаю с чего началось, но как-то у нас вышел спор относительно какого-то произведения. И, чтобы найти истину, я два вечера просидел в музыкальной библиотеке, нашел доказательства своей правоты и утром показал Исакову. Он прочитал и сказал «Здорово. Я был не прав». Это дорого стоит. Во время работы уже генеральным директором Радий Васильевич был удостоен Ленинской премии и звания «Заслуженный деятель науки и техники». Но болячки брали свое, и последние годы ему приходилось несколько раз в неделю уезжать с работы в клинику госпитальной терапии ВМА на переливание (м.б. частичное обновление) крови, которое длилось 2–3 часа, и он снова возвращался на свое рабочее место. Это требовало огромной силы воли, терпения. В такие дни руководители работ старались меньше надоедать ему. Совсем немногие знали, что, когда ему было всего 11 дней, умерла мать, что в

войну он был тяжело ранен (в 18 лет), но вернулся на фронт и воевал до конца. Медаль «За отвагу» была ему вручена в 1944 году. Он постоянно заботился о повышении технического уровня специалистов, да и об их общем культурном уровне. Вспоминается, как он привез из Москвы ведущего специалиста-уфолога и собрал в своем кабинете человек 50 руководителей. И мы в течение почти 5 часов (до 21 часа) слушали и смотрели слайды об НЛО и инопланетах. Потом рассказывали об этом в своих подразделениях.

На трибуне во время каких-то торжественных мероприятий он всегда был краток, его выступление длилось не больше 2–3 минут.

Но 1 февраля 1982 года его не стало. Когда человеку всего 56 лет – это больно и страшно, тем более, если это очень уважаемый человек. Хоронили Радия Васильевича на Серафимовском кладбище, совсем недалеко от дома, где он жил. Из всех сотрудников, которые работали с ним, нет ни одного человека, который бы не вспомнил о нем с теплотой, любовью и благодарностью.

До начала 1983 года обязанности генерального директора исполнял А.Т. Скоробогагов, а затем генеральным директором НПО стал директор завода «Двигатель» Георгий Пименович Корсаков. С Георгием Пименовичем я был хорошо знаком задолго до его назначения. Дело в том, что я учился в одном классе с его двоюродным братом Олегом. Братья были очень близки, т.к. Олег рос в семье Георгия после потери родителей. До сих пор мы живем с Олегом в одном доме, и конечно он знал, что я работаю на одном предприятии с Георгием Пименовичем, которому тоже было известно, что мы с Олегом однокашники. Да и сам Г.П. Корсаков жил недалеко, на Малой Охте. Мы всегда встречались очень дружелюбно. Я часто бывал в кабинете директора завода «Двигатель». Он разрешал пользоваться своей «вертушкой» для связи с П.А. Антояном, директором завода

им. Ворошилова в Уральске (головной завод по производству противоминного морского оружия). Часто и Антоян звал меня к телефону Корсакова, т.к. был в очень хороших отношениях и с ним, и со мной. Большинство и не сомневалось, что генеральным будет Корсаков, учитывая его плотные связи с партийным руководством города и даже ЦК партии. На заводе побывали и Лигачев, и Романов, и Зайков, да и многие другие. И завод всегда получал высокую оценку, а люди награды.

В первые месяцы руководитель НПО и «Гидроприбора» не изменил систему, которая существовала на заводе, где такая была оправдана. Начались какие-то летучки, пятиминутки, попасть к Корсакову утром, как мы привыкли при Исакове, уже было невозможно. Бумаги на подпись только через папку у секретаря. Попадали институтские руководители только по вызову, когда случались какие-то неадекватные ситуации. В приемной постоянно толкались работники завода. Но их быстро приструнил В.А. Иванов, новый директор завода «Двигатель», запретив посещать Г.П. Корсакова без разрешения и только после переговоров с ним.



Г.П. Корсаков

Я стал часто встречаться с Корсаковым, когда вопрос касался сдачи новых тральщиков. Ему звонили директора судостроительных заводов или из МСП, и я получал соответствующую информацию и указание. Конец 80-х больно ударил по НИИ и

НПО в целом. Заказы от ВМФ сократились. Но приказывали сверху, и мы принимали иностранные делегации, раскрывали большую часть своих достижений, как бы в надежде на контракты с западом. Однако получив информацию, иностранцы исчеза-

ли, а с ними исчезали и надежды на совместные работы и финансирование. Это было предательством нашей страны со стороны Горбачева и других «деятелей».

Предприятия спасались кто как может. Бывая в «Рубине», я удивлялся тому, чем они занимались. Хотя у меня было свое отношение к И. Спасскому, но ведь он сохранил людей, платил зарплату, торгуя чаем (закупал в Индии и Цейлоне), производил самовары и сувениры, приобрел пирожковую на Невском у Мойки и торговал пирожками. Иногда мы говорили Георгию Пименовичу, чтобы он нашел работу в виде, как говорят, «отверточного производства», т.е. делали бы или собирали телефоны, какие-то приборы и т.п. для рынка! Но он всегда отвечал: «Партия и правительство нас не бросят». Бросили не только нас, но и весь Советский Союз.

В 1985 году я защитил диссертацию. В этот же год резко изменились наши с Корсаковым отношения. А началось с того, что как-то утром раздался звонок от секретаря Валентины Егоровны с уведомлением, что в 10⁰⁰ начнется совещание у генерального, где мне необходимо быть. Я собрал на всякий случай ряд документов и появился в кабинете генерального директора. Присутствовало довольно много людей – ряд главных конструкторов – торпедистов и минеров, представители заказчика, военные из института-заказчика, но от противоминщиков я был один. Мне это показалось странным, и я не ошибся. Темой совещания было «Как начальник головного противоминного отдела представляет себе прорыв минных заграждений противника существующими средствами». Я, если не сказать грубо, даже дар речи потерял. Меня попросили подойти к плакату, на котором были нарисованы условно якобы минные заграждения и попросил начать излагать.

Пока я шел, пришел в себя, и у меня сразу же возник план. Я встал и сказал «Глядя на этот не совсем удачный рисунок, я должен получить от вас, Георгий Пиме-

нович, раз Вы ведете совещание, ответы на ряд вопросов. Габариты района минных заграждений, глубины в месте работ, есть ли оперативные разведывательные данные, какие мины здесь установлены и проводилось ли разведывательное траление. Также я должен знать, какими силами я располагаю. Корсаков покраснел и резко сказал: «Вам поставлена задача, Вы и решайте». Но тут меня поддержали военные. В конце концов я высказался о своем плане действий. Корсаков встал и вдруг выдал: «Так и думал, что наши противоминщики в лице Колобкова не знают, что делать в такой ситуации». Я взвился и сказал, что он требует от меня то, что должны решать тактики ВМФ, а не разработчики оружия. И в целом я понимаю совещание как провокацию против меня лично». Повернулся и пошел на выход. Сзади раздалось: «Мы еще поговорим с Вами на парткоме». Но парткома не было. А я написал заявление об освобождении от должности начальника отдела. После долгих размышлений я пришел к выводу, что совещание было спровоцировано наветами только одного человека, но его уже нет и я его не назову. И вторая причина – Г.П. Корсаков не любил ученых, а ведь я буквально накануне получил аттестат кандидата технических наук. Удивительно и то, что только мне одному и не платили надбавку за степень, которую получали другие.

На заявление не было ответа несколько недель. Потом было второе, третье и только четвертому заявлению был дан ход, а прошло почти 1,5 года от первого. Я стал старшим научным сотрудником в своем отделе и все равно ответственным от 4 ГУ МСП за сдачу противоминных изделий на вновь строящихся кораблях. Мотался по заводам, испытаниям – Петрозаводск, Понтонная, Владивосток, Феодосия, Севастополь Таллин, Ладога, Балтийск. С Георгием Пименовичем старался не встречаться, и мне это удавалось до поры до времени. И вот опять вызов к генеральному, где он мне сказал, чтобы я был готов ехать с

ним в Москву к министру, который должен ответить на жалобы на «Гидроприбор» заводов – строителей кораблей в связи с тем, что наши изделия якобы срывают сроки сдачи. Срок подготовки 3 дня. Я в темпе посетил два ближайших завода «Авангард» (Петрозаводск) и СНСЗ (Понтонная), выяснил все у строителей и не появился у руководителей.

И вот настал день отчета. М.В. Егоров (министр) попросил Корсакова доложить, почему наши изделия задерживают сдачу. Но М.П. Левченко попросил, чтобы доложил я как назначенный им ответственным за работу. Я уложился в 3 минуты. Сказал, что есть некоторые замечания ответственной приемки по документации, которые никак не влияют на сроки сдачи кораблей и будут исправлены в течение 3-х дней. А те три корабля, которые не сданы, требуют еще большой работы. У Судакова («Авангард») еще и двигатели не загружены, не говоря об их стыковке, проверке валов и закрытии палубы. А у Пылева (СНСЗ) не установлены выюшка и лебедки на палубе, да и наши изделия ставить некуда. Ну тут вы бы видели директоров. Егоров у них спросил: «Правда это?». Оба смущенно подтвердили. Министр отпустил всех, кто пришел с М.П. Левченко (4 ГУ МСП) и нас с Корсаковым.

Мы покинули министерство, вышли на Садовое кольцо и тут я не узнал Георгия Пименовича. Это был тот человек, которого я знал раньше, разговорчивый, веселый. А у меня все висел вопрос «За что ты меня позорил у себя в кабинете?». Но я его не задал. Нормальные отношения с ним я старался сохранять еще и долгое время после его ухода с директорского поста и вплоть до его смерти.

Г.П. Корсаков в 1991 году не был избран на новый срок – такие настали «демократические» времена.

В результате голосования директором ЦНИИ «Гидроприбор» (НПО к тому моменту развалилось) стал Александр Сергеевич Захарченко. Георгию Пименовичу

предложили должность помощника директора завода «Двигатель» по общим вопросам, которую он занимал до 2011 года. В этом году он ушел из жизни.

С Александром Сергеевичем Захарченко я познакомился, когда мне было 16



А.С. Захарченко

лет, а ему 14. Это произошло в знаменитой школе легкоатлетов заслуженного мастера спорта и заслуженного тренера СССР Виктора Ильича Алексева. Мы оба были метателями – он диска, я – копья. Вместе были на сборах

летом 1953 года на Кировских островах, вместе тренировались и участвовали в соревнованиях. Затем наши пути разошлись. Я поступил в «Макаровку», он позже – в «Политех». И встретились уже на соревнованиях на спортплощадке «Прибой» лет через 15. Оказывается, мы работаем на одной территории – он в НИИ, а я в ЦКБ. С тех пор мы не теряли друг друга и шли как бы нога в ногу, только диссертацию он защитил раньше. К концу 80-х годов оба мы были начальниками отделов – он 71, я 59. Мы часто встречались даже по техническим вопросам, особенно по вопросам гидродинамики, профилю отдела 71.

После утверждения его в Москве генеральным директором через несколько месяцев он пожаловался на то, что надо что-то делать с отделом флота и фортом 6 Северным. Я ему предложил назначить меня начальником этих подразделений, объединив их под одно крыло.

Он удивился, но вспомнив, что у меня специальность по диплому инженер-судоводитель, тут же согласился. И через 2 дня я уже был на Уральской улице и принимал флот, а затем и форт.

Здесь я столкнулся с большими нарушениями. Например, в форту «исчез-

ли» 3 колесных дизель-генератора, несколько переговорных раций и много чего «по мелочи». Был продан катер на подводных крыльях всего за 4000 рублей. Когда я начал расследовать эту продажу, то на берегу реки Смоленка получил серьезное предупреждение. Из подъехавшего авто вышли трое крепких мужчин и посоветовали прекратить «копать», а то будут серьезные последствия. Я дрогнул, и, зная чем всё может кончиться в то время, рассказал Захарченко, и мы прекратили это дело.

Наши корабли требовали серьезного докового ремонта, переосвидетельствования моринспекцией, да и просто снабжения. Топлива тоже было мало. К примеру, «Скат» и один из катеров «Ярославцев» после работы с испытателями на Ладоге возвращались по Неве на базу, но дошли только до моста Володарского. Через день закрывались мосты на зиму, топливо кончилось. Я позвонил своему знакомому директору ДСК-2 в Уткиной заводи и попросил на зиму взять корабли к его причалу и обеспечить (за плату) электроэнергией. До весны они там и простояли. Отсутствие средств вынуждало нас предложить продать ряд судов. На совещании у А.С. Захарченко было решено продать 2 судна – «Сом» и один из катеров. Купить решил один из авторитетов Багрий Анзорович Шенгелия. Я провел с ним несколько встреч, показал «товар», договорился о цене, и институт получил возможность несколько уменьшить долг и выплатить зарплату за 3 месяца. Также поступили с «Мечом» на Черном море, который продали Украине. Возник еще один вопрос – возврат материальных ценностей из Украины и Эстонии, оставшихся после испытаний. Работу в Крыму поручили Д.А. Каменскому, а в Эстонии мне. Работу эту мы выполнили, нарушая всё, что только было можно (границы, таможни и т.п.). Ценности на многие миллионы удалось сохранить для будущих, более светлых времен (см. статью «Нарушая всё и вся» в сборнике «Гидроприбор и его люди за 70 лет»).

Все операции проводились, конечно, под эгидой А.С. Захарченко, которому пришлось отбивать претензии по нашим нарушениям.

В отделе флота я пробыл недолгих 2 года. В конце 1993 года я был назначен научным секретарем института – заведующим аспирантурой. Теперь в течение еще 3-х лет я уже был под непосредственным руководством своего друга, помогал во всем, и однажды (повезло), когда он и замы отсутствовали, был 3 дня за генерального.

Но все-таки после избрания его директором интриги не прекратились. Шли какие-то кляузы в Москву, случилась история с 3-мя миллионами долларов, где крайним выставили Захарченко, и произошло убийство эстонского бизнесмена на территории института. Все это привело к снятию его с должности и случилось в 1996 году, когда институт уже вставал на ноги с помощью иностранных контрактов, а ВМФ молчал.

Кстати, через полгода Оборонэкспорт перечислил 3 миллиона долларов новому генеральному директору С.Г. Прошкину, хотя он это не афишировал и постоянно ставил в вину Захарченко их пропажу. С его подачи Александр Сергеевич провел 10 дней во внутренней тюрьме КГБ, но был выпущен даже с извинениями. Мы с Сашей еще часто встречались после его ухода на пенсию по инвалидности, но передраги, конечно, подкосили его здоровье. В свободное время он писал стихи, и «Гидроприбор» с помощью друзей издал его книгу «Закончил. Тихо умолкаю».

Он ушел майским днем 2009 года и похоронен почти у входа на Богословское кладбище в могилу отца и матери.

Новым генеральным директором, который и не скрывал, что хочет занять это место, стал Станислав Прошкин – начальник минного отделения. Со Станиславом Гавриловичем я был знаком с 1965 года. Мы вместе работали в ЦКБ-145, только в разных отделах. Первое время он ходил во

флотском кителе, ведь он пришел из ВМФ, где прослужил, наверное, год после окончания ЛКИ. Он по



С.Г. Прошкин

должностям рос тоже быстро, как и я – руководитель группы, начальник сектора. Заместитель главного конструктора. На этой должности он и вошел в отдел №63 ЦНИИ после расформирования ЦКБ. Затем – начальник отдела 63 и, наконец, после ухода А.М. Васильева – начальник 3-го отделения. Но вот когда он начал интриги против Захарченко и объявлял, правда не во всеуслышание, что хочет быть генеральным, я прямо ему сказал, что не вижу его на этой должности. С этого и начались трения, которые продолжались 3 года. По приходу на новую должность он снял меня с должности ученого секретаря, оставив заведовать только аспирантурой и докторантурой. Затем пытался просто уволить, сокращая одну должность за другой. Наконец я стал просто ведущим специалистом до тех пор, пока не предложил ему организовать музей. Надо отдать должное Прошкину, он сразу загорелся этой идеей и напряг все свои организаторские способности на ее реализацию. Здесь помогли и те деньги, которые вернул Оборонэкспорт. За счет их отремонтировали помещение почти в 400 м², а также отремонтировали одно из опытовых судов. Когда я налазил связь с Военно-морским музеем и стал привозить экспонаты для нашего будущего музея (более 100 единиц) взаимоотношения у нас резко изменились. Прошкин хотел назначить меня директором музея, но я не захотел вновь заниматься администрированием и стал главным хранителем фондов. Это меня вполне устраивало, тем более после инфарктов мне было разрешено работать только 4 часа. Прошкин постоян-

но интересовался делами в музее, мои контакты с ним были постоянными и ограничивались только экспозицией. Еще мы написали ряд статей в сборник «Морское подводное оружие», выступили в Академии наук с докладом (читал его я), который имел огромный успех, и музей получил огласку. На время его правления прихлась авария с ПЛ «Курск» и обвинение в том, что виновата наша торпеда. Станислав Гаврилович с этим был не согласен, также как и мы все, но политические интересы возобладали, и «Гидроприбор» стал крайним. Два года совместно с рядом предприятий шли испытания в опровержение нашей виновности, подтверждалось, что виноваты американцы. Но все осталось на своих местах. С.Г. Прошкин много конфликтовал с заказчиками от ВМФ, и это сыграло свою роль в его замене на посту генерального в 2006 году. Пару лет он был заместителем генерального по науке, а затем и вовсе был отправлен на пенсионную должность старшим научным сотрудником к нам в музей. Он стал много преподавать в ЛКИ и на курсах молодых специалистов в ЦНИИ. К тому времени музей вошел в учебный центр института. Надо признать, что только благодаря Прошкину вышла монография коллектива авторов «Морское подводное оружие России». Ему был выделен кабинет, оборудование, где он и работал до последних дней. С.Г. Прошкин ушел из жизни в 2011 году. Прощание с ним прошло в музее.

В 2006 году у нас появился, именно появился – я не ошибся, новый генеральный директор Вадим Альфредович Осипов. Мало кто знал, а если и знал, то молчал, откуда он появился. Прошкин, передавая дела, привел его в музей. На мой вопрос – кем он был до прихода к нам – Станислав Гаврилович ответил мне на ухо, что теперь знает, сколько стоит его должность. Ходили разные слухи, но правды мы не знаем до сих пор. Осипов привел первого заместителя – В. Тарасова, и вот он-то и решал с разработчиками технические во-

просы. В.А. Осипов в основном представлял наш Концерн. Мне понравилась сказанная им как-то фраза в музее в период посещения очередной высокой делегации: «Да надо бы провести на базе музея учебные занятия для руководящего состава института и Концерна». И он был прав. Большинство руководителей, особенно служб, мало представляли, чем занимается Концерн, какие задачи они решают и т.п.

Мои встречи с В.А. Осиповым происходили только тогда, когда он лично приводил посетителей высокого ранга (зам. министра обороны РФ, его коллегу из Египта, директоров научных организаций и т.п.). А уже в 2014 году он как пришел, так и ушел. Это был первый руководитель не из нашей среды.

Ему на смену пришел Владимир Викторович Патрушев, племянник Николая Патрушева, главы Совета Безопасности РФ. Николай Патрушев после окончания ЛКИ работал в ЦНИИ «Гидроприбор» около года и, видимо, вспомнив об этом, рекомендовал нам своего племянника. С Владимиром Викторовичем я проработал около двух лет, до ухода на заслуженный отдых. У меня с ним было несколько встреч в музее и один личный разговор в кабинете, куда он попросил меня зайти и решить вопрос об освобождении для нас ранее занятых наших же помещений.



В.А. Осипов



В.В. Патрушев

В 2016 году я закончил свою трудовую деятельность, поработав с девятью директорами. Еще раз коротко о моем восприятии каждого из них.

Н.П. Комаров – человек прошел большой путь партийного функционера и совсем не потерялся на должности начальника ЦКБ-145.

В.М. Орлов – очень квалифицированный специалист, человек дела и одновременно коммуникабельный, умный, но и требовательный руководитель.

А.М. Борушко – руководил институтом более 20 лет, человек, посвятивший всю жизнь любимому делу, уважавший людей, честный до мозга костей.

Р.В. Исаков – легендарная личность, весь трудовой путь – это «Гидроприбор»; ученый с большой буквы, организатор науки и просто человеческий директор.

Г.П. Корсаков – тоже с первого до последнего дня на одной территории. Мно-

голетняя работа на заводе не лучшим образом сказывалась на взаимоотношениях с наукой и ее деятелями. Благодаря ему, я понял, что с уходом с высокой должности, да и с возрастом, взаимоотношения с людьми меняются в лучшую сторону.

А.С. Захарченко – мой друг, которого я никогда не подводил и всегда старался помочь.

С.Г. Прошкин – умный, деятельный человек, но с неизменной карьерной жилкой. Что сказано выше о Корсакове можно повторить и здесь.

В.А. Осипов – человек из новой когорты, выросший в последние годы, просто менеджер.

В.В. Патрушев – если удастся сохранить институт в том виде, в котором он был, особенно в 70-80-е годы XX века, думаю, ему будут благодарны и ветераны, и их потомки.

*АННОТАЦИИ
публикуемых статей*

УДК 623.9

Ключевые слова: концерт, совещание, рабочая встреча, создание морского подводного оружия.

Информационное сообщение о рабочей встрече губернатора Санкт-Петербурга с руководством АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор». // Подводное морское оружие. 2018. Вып. 3(40). С. 11...13.

Рабочая встреча губернатора Санкт-Петербурга с руководством АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор».

УДК 623.95

Ключевые слова: мобилизация, подготовка, субъекты морской деятельности, состав корабельный, тральщики морские, комплекс противоминный роботизированный.

Попов А.Н., Пучнин В.В., Трушенков В.В. О мобилизационной подготовке и мобилизации в российской федерации в сфере морской деятельности. // Подводное морское оружие. 2018. Вып. 3(40). С. 13...17.

В статье рассмотрен необходимый комплекс мероприятий мобилизационной подготовки и мобилизации применительно к субъектам морской деятельности, которые необходимо выполнить заблаговременно в мирный период и в период непосредственной угрозы агрессии.

УДК 355.463.2

Ключевые слова: операции морские десантные, подготовка операции, опыт подготовки, война Великая Отечественная.

Ещенко Я.В. Анализ опыта подготовки и ведения морских десантных операций в годы Великой Отечественной войны (1941–1945гг.). // Подводное морское оружие. 2018. Вып. 3(40). С. 18...28.

В статье проанализирован опыт подготовки и ведения морских десантных операций в годы Великой Отечественной войны. Сформулированы выводы, которые необходимо учитывать при подготовке и ведении морских десантных операций в современных условиях.

УДК 623.95: 621.398

Ключевые слова: ведение боевых операций, поражение, мина, фугас, фортификации, корабль противника, изобретение.

Алексеев А.И., Кузнецов Р.А. Из истории создания телеуправляемых фугасов в России. // Подводное морское оружие. 2018. Вып. 3(40). С. 29...32.

Идея создания оружия для поражения сил и средств противника при ведении боевых операций на больших расстояниях витала в мыслях учёных и военных многих стран мира, более 100 лет назад. В России при разработке подводного морского минного оружия, идею подорвать мину на больших расстояниях под кораблем противника принадлежит преподавателю фортификации и артиллерии Морского кадетского корпуса Санкт-Петербурга подполковнику Ивану Ивановичу Фитцуму. В статье приводится, в кратком изложении, информация о создании и использовании этого изобретения.

УДК 623.946-5

Ключевые слова: устройство ввода, ввод шпиндельный, информация стрельбовая, сеть бортовая, устройства запуска, возможности функциональные.

Кирьянов О.В., Рамазанов М.А. Модернизация устройства ввода курса и бортовой сети запуска приборов управления МПО. // Подводное морское оружие. 2018. Вып. 3(40). С. 33...37.

В работе предложены доработки устройства ввода курса (УВК) со шпиндельным вводом стрельбовой информации и бортовой сети запуска приборов управления (ПУ) движением морских подводных объектов (МПО), построенных по принципу бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС). Приведены результаты вычислительных и стендовых испытаний, подтверждающие расширение функциональных возможностей устройства запуска ПУ МПО.

УДК 623.946.05: 621.396.96.029.74

Ключевые слова: лодка подводная, столкновение боевое, удар (залп) торпедами, след цели кильватерный, лазерная система обнаружения кильватерного следа, комплексированная система самонаведения.

Минаков А.Ю., Никитченко С.Н. Модель боевого применения торпед, оснащенных лазерной системой обнаружения кильватерного следа цели. // Подводное морское оружие. 2018. Вып. 3(40). С. 38...42.

В статье описывается модель боевого столкновения двух противоборствующих подводных лодок с обменом по одному удару (залпу) торпед. На основании рассматриваемой ситуации делается вывод, что модель, разработанная в интегральной среде Delphi 7, формирует кинематический образ развития ситуации обмена ударами (залпами) и позволяет осуществлять наблюдение возможных эффектов.

УДК 623.9: 621.391.272

Ключевые слова: система обработки информации, системы навигационные, надежность, точность, аппараты подводные.

Новосёлова А.А., Рамазанов М.А., Трушина Н.В. Комплексирование разнородных измерений навигационных систем подводных аппаратов в сложных сигнально-помеховых ситуациях. // Подводное морское оружие. 2018. Вып. 3(40). С. 43...48.

В статье проанализированы принципы объединения систем обработки информации различного типа для обеспечения надежности и точности навигационных систем подводных аппаратов. Синтезированы устойчивые к аномальным помехам робастные алгоритмы комплексирования данных как устройств фильтрации и приведены результаты сравнительной оценки их помехоустойчивости.

УДК 621.352.6: 551.46.073-52

Ключевые слова: анализ структурный, аппарат необитаемый подводный, установки гибридные энергетические, метод, параметры

Боженев Ю.А., Зайцев А.Д. Гибридные энергоустановки автономных необитаемых подводных аппаратов. // Подводное морское оружие. 2018. Вып. 3(40). С. 49...59.

В статье рассмотрены вопросы структурного анализа существующих гибридных энергетических установок зарубежных необитаемых подводных аппаратов (НПА), предложены методы определения основных параметров и проведено оценивание вероятных параметров различных вариантов гибридных энергетических установок для гипотетического НПА.

УДК 681.883.623

Ключевые слова: гидрофизика, безопасность экологическая, электропроводимость морской среды, способы регистрации изменений электропроводимости морской среды, датчики электропроводимости морской среды оптоволоконные.

Голосной А.С., Мартынов В.Л., Фатеев А.А. Способ мониторинга морской среды с использованием оптоволоконной линии. // Подводное морское оружие. 2018. Вып. 3(40). С. 60...64.

В статье рассмотрен способ, позволяющий производить контроль характеристик водной среды в глубоководных районах, удаленных на сотни километров от береговой черты. Способ основан на реализации оптоэлектронных технологий.

УДК 621.865.8(204.1): 621.398

Ключевые слова: способ, комплексы морские робототехнические, увеличение дальности, дальности подводного видения.

Мартынов В.Л., Некипелов Ю.А., Репин А.А., Сударчиков В.А. Способ увеличения дальности подводного видения телевизионными системами морских робототехнических комплексов. // Подводное морское оружие. 2018. Вып. 3(40). С. 65...77.

В статье рассмотрен способ увеличения дальности видения объектов телевизионными системами морских робототехнических комплексов.

УДК 517.542

Ключевые слова: интеграл Шварца-Кристоффеля, математика, многоугольник, течение гидродинамическое, случай предельный.

Алиев Ш.Г. Асимптотический взгляд на интеграл Шварца-Кристоффеля в задачах конформных отображений. // Подводное морское оружие. 2018. Вып. 3(40). С. 78...86.

В статье рассмотрен асимптотический взгляд на интеграл Шварца-Кристоффеля в задачах конформных отображений.

УДК 621.793.74: 669.28: 623.946

Ключевые слова: покрытие, молибден, сплав титановый, термообработка вакуумная, разработка, покрытие, поршневые кольца, производство серийное.

Блохин В.В., Рикконен Н.М., Шаронов Е.А., Яковлев Г.А. Разработка и применение покрытия из молибдена для узлов трения тепловых торпед. // Подводное морское оружие. 2018. Вып. 3(40). С. 87...99.

В статье изложены технологические особенности получения износостойких покрытий из молибдена для деталей узлов трения тепловых торпед. Получены математические зависимости характеристик покрытия из молибденовой проволоки на поверхности титановых сплавов от режимов вакуумной термообработки. Изучены структуры и фазовый состав покрытий, получаемых плазменным напылением с последующей вакуумной термообработкой. Покрытие из молибдена внедрено в серийное производство поршней, поршневых колец, втулок и валов энергодвигательного модуля тепловых торпед.

УДК 623.9: 537.8

Ключевые слова: электромагнитные исследования, разработка систем вооружения, море, физические принципы, высокоточное оружие, электромагнитное оружие.

Кузнецов Р.А., Алексеев А.И. Электромагнитные исследования и их использование в военных целях. // Подводное морское оружие. 2018. Вып. 3(40). С. 100...111.

Перспективная разработка систем вооружения сегодняшнего дня является частью надвигающегося технологического скачка и «военной революции» в ведении боевых операций на море (под водой), в воздухе и на суше. Среди глобальных ключевых технологий, прежде всего, стоит назвать оружие на новых физических принципах - боевые лазеры, СВЧ-излучатели и электромагнитные рельсовые пушки (railgun). Разработка оружия на новых физических принципах является преемницей оружия третьей мировой войны. Достаточно успешно идут разработки «микроволновок», которые небезосновательно претендуют на титул «убийц радаров», корабельных, авиационных и наземных. Эти же излучатели смогут эффективно использоваться для борьбы с высокоточным оружием. Учитывая перечисленные достоинства перечисленного электромагнитного оружия целесообразно рассмотреть генезис развития такого оружия для решения задач, в том числе для защиты кораблей от различных видов оружия противника.

УДК 330.131.7

Ключевые слова: актуальность, этапы, методы, алгоритм, эффективность, идентификация, анализ, оценка, определение, оптимизация.

Терюхов В.Е., Михеева И.В. Актуальность и практика решения отдельных проблем управления рисками. // Подводное морское оружие. 2018. Вып. 3(40). С. 112...121.

В данной статье объединены и представлены три отдельные проблемы (модуля) в сфере управления рисками, которые дополняют друг друга и основаны на соответствующих консалтинговых работах автора.

УДК 623.9:355.49

Ключевые слова: юбилей, академик, деятель заслуженный, профессор, лауреат

Группа САПР ОКБ «Дагдизель» и коллектив АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор». Юбилей ученого. // Подводное морское оружие. 2018. Вып. 3(40). С. 121.

К 75-летию со дня рождения.

УДК 623.9

Ключевые слова: директор, предприятие, институт, взаимодействие, люди, наука.

Колобков С.С. О руководителях нашего предприятия. // Подводное морское оружие. 2018. Вып. 3(40). С. 122...133.

В статье дана краткая характеристика руководителей в истории предприятия от НИИ 400 до АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор».

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Алексеев А.И. – соискатель кафедры минного, противоминного и противолодочного вооружения надводных кораблей военного института ВУНЦ ВМФ «ВМА им. Кузнецова»

Алиев Ш.Г. – д.т.н., профессор АО «Завод «Дагдизель» (САПР ОКБ «Дагдизель»)

Блохин В.В. – начальник лаборатории АО «НИИ мортеплотехники»

Боженев Ю.А. – профессор СПбГМТУ

Голосной А.С. – аспирант СПб Горный университет

Зайцев А.Д. – СПбГМТУ

Мартынов В.Л. – д.т.н., профессор, ГУМРФ им. С.О. Макарова

Минаков А.Ю. – преподаватель ВУНЦ ВМФ «ВМА им. Кузнецова»

Михеева И.В. – канд. экон. наук, ведущий инженер экономист АО «Концерн «Морское подводное оружие-Гидроприбор»

Некипелов Ю.А. – канд. воен. наук, ведущий специалист АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор»

Никитченко С.Н. – адъюнкт ВУНЦ ВМФ «ВМА им. Кузнецова»

Новосёлова А.А. – инженер 1 кат. АО «Концерн «Морское подводное оружие-Гидроприбор»

Попов А.Н. – д-р воен. наук, профессор, ведущий научный сотрудник АО «ГНИНГИ»

Пучнин В.В. – д-р воен. наук, профессор, профессор кафедры оперативного искусства (ВМФ) ВУНЦ ВМФ «ВМА им. Кузнецова»

Рамазанов М.А. – д.т.н., начальник сектора АО «Концерн «Морское подводное оружие-Гидроприбор»

Репин А.А. – канд. воен. наук, ведущий научный сотрудник АО «Концерн «Морское подводное оружие-Гидроприбор»

Рикконен Н.М. – начальник сектора АО «НИИ мортеплотехники»

Сударчиков В.А. – канд. воен. наук, начальник центра организационно-методического и научно-технического сопровождения АО «Концерн «Морское подводное оружие-Гидроприбор»

Терюхов В.Е. – ведущий специалист аналитик АО «Концерн «Морское подводное оружие-Гидроприбор»

Трушенков В.В. – д-р воен. наук, профессор, заместитель генерального директора по науке АО «Концерн «Морское подводное оружие-Гидроприбор»

Трушина Н.В. – инженер 1 кат. АО «Концерн «Морское подводное оружие-Гидроприбор»

Колобков С.С. – к.т.н., консультант АО «Концерн «Морское подводное оружие-Гидроприбор»

Кириянов О.В. – инженер-конструктор 1 кат. АО «Концерн «Морское подводное оружие-Гидроприбор»

Кузнецов Р.А. – к.т.н., член корреспондент и почетный член Петровской академии наук и искусств, профессор кафедры минного, противоминного и про-

тиволодочного вооружения надводных кораблей военного института ВУНЦ ВМФ «ВМА им. Кузнецова»

Фатеев А.А. – аспирант СПб Горный университет

Харин В.И. – соискатель ВУНЦ ВМФ «ВМА им. Кузнецова»

Шаронов Е.А. – к.т.н., старший научный сотрудник АО «НИИ мортеплотехники»

Яковлев Г.А. – начальник сектора АО «НИИ мортеплотехники»

Научно-технический сборник
«Подводное морское оружие»

Вып. 3 (40) 2018

Подписано в печать 03.09.2018 г.
В сборнике 17 статей
Формат 60x80 1/6. Бумага офсетная. Печ. л. 6,6
Тираж 100 экз.

Подготовлен и отпечатан в
ГНЦ РФ АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор»
194044, Санкт-Петербург, Б. Сампсониевский пр., 24
телефон: (812) 542-01-47, факс: (812) 542-96-59, e-mail: info@gidropribor.ru