



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РФ
КОНЦЕРН «МОРСКОЕ ПОДВОДНОЕ ОРУЖИЕ»
ГИДРОПРИБОР
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

ПОДВОДНОЕ МОРСКОЕ ОРУЖИЕ 2 (50) 2020



ПОДВОДНОЕ МОРСКОЕ ОРУЖИЕ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

2 (50)
2020



Издается с 2003 г.

Санкт-Петербург – 2020 г.



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РФ
КОНЦЕРН МОРСКОЕ ПОДВОДНОЕ ОРУЖИЕ
ГИДРОПРИБОР
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО



ПОДВОДНОЕ МОРСКОЕ ОРУЖИЕ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

**2 (50)
2020**



Издается с 2003 г.

Санкт-Петербург – 2020 г.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ**ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА – ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР**

ФИЛИМОНОВ А.К. – д.т.н., профессор, заместитель генерального директора по науке

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

МИХАЙЛОВ В.А. – д.т.н., профессор, главный научный сотрудник

ПУГАЧЕВ С.И. – д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, главный научный сотрудник

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

СУДАРЧИКОВ В.А. – канд. воен. наук, начальник центра организационно-методического и научно-технического сопровождения

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

АЛИЕВ Ш.Г. – академик, д.т.н., профессор, генеральный конструктор САПР АО «Завод «Дагдизель»

АНТОНОВ В.Н. – начальник отделения – начальник отдела – главный конструктор направления

АНТОНОВ В.Н. – к.т.н., заместитель главного конструктора направления

ВИШИНСКИЙ Б.С. – начальник отдела

ГЕССЕН В.Р. – к.т.н., доцент, ведущий научный сотрудник

ГОЛОВАНОВА М.В. – к.т.н., с.н.с., ведущий научный сотрудник

ДОБЫЧИН А.В. – заместитель генерального директора по экономике и финансам

ДМИТРИЧЕНКО В.П. – к.т.н., с.н.с., начальник отделения – начальник отдела – главный конструктор

КАБАНОВ А.И. – к.т.н., с.н.с., заместитель генерального директора – руководитель направления

КАТКОВ В.А. – начальник отдела

КОПТЕВ Б.А. – к.т.н., начальник отделения – главный конструктор направления

КРАСИЛЬНИКОВ Р.В. – к.т.н., доцент, главный научный сотрудник

КРИНСКИЙ А.Ю. – начальник отдела – главный конструктор

КУЗНЕЦОВ Д.И. – д.т.н., профессор Военного учебного центра СПбГМТУ

КУЗЬМИН А.С. – к.т.н., с.н.с., главный специалист

МАРТЫНОВ В.Л. – д.т.н., главный специалист

МАТВИЕНКО С.А. – заместитель генерального директора по персоналу и социальной политике

НЕКИПЕЛОВ Ю.А. – канд. воен. наук, ведущий специалист

НИКИТИН А.А. – заместитель генерального директора – руководитель направления

НИСНЕВИЧ М.З. – к.т.н., главный конструктор поднаправления

ПОГУДИН К.Г. – к.т.н., ученый секретарь

ПОЛЕНИН В.И. – д.в.н., проф., заслуж. деят. науки РФ, проф. ВМА им. Н.Г. Кузнецова

ПОТАПОВ В.И. – д.в.н., проф., заслуж. деят. науки РФ, лауреат Госпремии РФ, проф. ВМА им. Н.Г. Кузнецова

ПУЧНИН В.В. – д.в.н., профессор, профессор кафедры ВМА им. Н.Г. Кузнецова

РАМАЗАНОВ М.А. – д.т.н., начальник сектора

РЕПИН А.А. – канд. воен. наук, главный научный сотрудник

САВЕНКОВ Г.Г. – д.т.н., профессор СПбГТИ (ТУ)

СУХАРЕВ В.А. – к.т.н., с.н.с., начальник сектора

СУХОПАРОВ П.Д. – заместитель генерального директора по ВЭД

ТИХОНОВ Г.Б. – начальник отдела

ШЕСТАКОВ В.Д. – к.т.н., доцент, заместитель главного конструктора

РЕДАКЦИЯ

ШАПОВАЛОВА А.Е. – к.филол.н., ведущий научный сотрудник

КОМПЬЮТЕРНЫЙ ДИЗАЙН, ГРАФИКА И ВЕРСТКА

ЖЕЛНОВАЧ Л.Л. – начальник лаборатории цифровой обработки информации

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

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

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

РУБРИКИ

Новости

Минное и противоминное оружие

Торпедное оружие и системы противодействия

Морские роботизированные комплексы и системы

Комплексы и системы

Подходы и методы

Носители морского подводного оружия

Применение сил (войск) в мирное и военное время

Тренажеры и тренажерные комплексы

Экономика и финансы

Исторические события и даты

Конференции, симпозиумы, маркетинг, выставки, реклама

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ**Общие положения**

1. Статьи принимаются в электронном виде при наличии сопроводительного письма от организации и экспертного заключения о допустимости открытой публикации.

2. В конце статьи должны быть указаны сведения об авторах (ученая степень, звание, в том числе почетное, место работы, должность), ключевые слова, рубрика.

3. Редакция обеспечивает экспертную оценку (рецензирование) рукописей. На основании рецензии и заключения редсовета рукопись принимается к печати, отклоняется или возвращается авторам на доработку. Корректур авторам не высылаются.

4. Авторский гонорар и оплата рецензирования рукописей не предусмотрены.

Оформление рукописи

Текст статьи представляется в формате *.docx. (*doc). Количество страниц не более 15. Поля: верхнее, нижнее – 40 мм; левое, правое – 30 мм. Шрифт Times New Roman, размер 11 pt, междустрочный интервал одинарный, абзацный отступ 1 см, выравнивание по ширине.

В левом верхнем углу указывается УДК (10 pt, без отступа).

Через один интервал справа в алфавитном порядке указываются сведения об авторах: ученая степень, инициалы, фамилия (10 pt, курсив, фамилия прописными).

Через один интервал по центру печатается заголовок (11 pt, жирный, прописными).

Через один интервал размещается аннотация (8 pt, отступ 7 см, не более 10 строк, выравнивание по ширине).

Подзаголовки статьи размещаются по центру с 1 интервалом сверху и снизу (прописные буквы, жирный шрифт, курсив).

Рисунки и таблицы необходимо располагать по тексту в соответствии с ГОСТ 7.32-2001. Размер шрифта подрисовочного текста – 10 pt, названия таблицы – 11 pt.

Уравнения и формулы должны быть набраны в Microsoft Equation, расположены на отдельных строках и пронумерованы (справа в скобках).

Для маркированного списка в качестве маркера используется тире.

Ссылки на литературу приводятся в квадратных скобках [1]. Список цитируемой литературы располагается через 1 интервал после текста под заголовком «ЛИТЕРАТУРА» и составляется по порядку упоминания в тексте. Размер шрифта заголовка и списка 9 pt.

СОДЕРЖАНИЕ

НОВОСТИ

Патрушев В.В., Филимонов А.К., Мартынов В.Л., Сударчиков В.А. О роли научно-практических конференций в Государственном научном центре «Гидроприбор».....6

Патрушев В.В., Филимонов А.К., Сударчиков В.А. Наука в ГНЦ «Гидроприбор» как фактор создания эффективного морского подводного оружия.....9

МИННОЕ И ПРОТИВОМИННОЕ ОРУЖИЕ

Григорьев В.Н., Михайлов В.А., Сухарев В.А. Мы были первыми.....14

МОРСКИЕ РОБОТИЗИРОВАННЫЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

Мартынов В.Л., Дмитриев М.В., Солодовниченко М.Б. Разработка поисковых систем подводных аппаратов для исследовательских работ в экстремальных условиях29

ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ

Бакуменко С.А., Егорова Н.А. Оценка степени подавления реверберационной помехи при согласованной обработке сигналов38

Патрушев В.В., Кудрявцев Н.А., Агеев Д.М., Беликов А.А., Жалнин А.В., Китаевич А.П., Мойса В.А., Петров М.П. Современное состояние электрических источников энергии морского подводного оружия41

Голованова М.В., Дун В.А., Овштейн Е.И., Шарова Н.О., Щукина Е.В. Обоснование требований к выбору материалов для морского подводного оружия55

Голованова М.В. Противокоррозионная защита морского подводного оружия: широта охвата проблемы66

Коровина Г.М., Кузьмицкий М.А., Луцкий А.Н., Новаков В.А. Формирование методики оценки эффективности МПО в ГНЦ «Гидроприбор» (окончание)72

НОСИТЕЛИ МОРСКОГО ПОДВОДНОГО ОРУЖИЯ

Сидоренков В.В., Жмурин К.В., Рожин К.Ю. Безэкипажные катера с гидролокатором бокового обзора82

ИСТОРИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ И ДАТЫ

Нисневич М.З. Юбилей ученого89

Родченко В.Г. Воспоминания участника создания медно-магниевых источников тока для торпедного оружия91

Вошукhov Л.В. Разработки акустических маяков в ГНЦ «Гидроприбор»96

Кожин В.С. Как это было100

Алиев Ш.Г. История создания научно-теоретической лаборатории при заводе «Дагдизель»103

Эйтингин Г.Л., Шаповалова А.Е. Бессмертный батальон106

АННОТАЦИИ.....127

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ.....131



Уважаемые коллеги! Друзья!

Пятидесятый, юбилейный выпуск журнала «Подводное морское оружие» приурочен к священной для России дате – 75 лет победы в Великой Отечественной войне. Учёные и конструкторы Концерта внесли большой вклад в победу над фашистской Германией. Их много, сотрудников предприятия, которые не только воевали на фронтах, но и создавали морское подводное оружие, приближавшее великую Победу. Разработанные ими образцы военной техники и вооружения способствовали разгрому врага на морских театрах военных действий.

Сегодня, опираясь на фундаментальную и прикладную науку и мощный производственный потенциал, оставленный нам ветеранами, можно быть уверенными, что задачи по созданию и реализации прорывных технологий, востребованных в условиях современного технологического уклада, будут успешно решены.

Именно на эти вопросы обращают внимание наших читателей и авторов будущих статей. Приглашаем всех к творческому сотрудничеству на страницах нашего сборника.

Генеральный директор АО «Концерт»
«Морское подводное оружие – Гидроприбор»
В.В. ПАТРУШЕВ

*В.В. ПАТРУШЕВ, д.т.н. А.К. ФИЛИМОНОВ,
д.т.н. В.Л. МАРТЫНОВ, канд. воен. наук В.А. СУДАРЧИКОВ*

О РОЛИ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИХ КОНФЕРЕНЦИЙ В ГОСУДАРСТВЕННОМ НАУЧНОМ ЦЕНТРЕ «ГИДРОПРИБОР»

В статье рассматривается научная деятельность Концерна как Государственного научного центра в аспекте организации, проведения и участия в научно-практических конференциях и форумах за прошедший год, а также подготовки молодых учёных.

В соответствии с распоряжением Правительства РФ от 06 июня 2019 года № 1221-р за АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор» сохраняется статус Государственного научного центра (ГНЦ) Российской Федерации. Концерн является ведущей организацией России в области создания морского подводного оружия и подводно-технических средств специального назначения. Его предприятия разработали и сдали на вооружение ВМФ десятки образцов минного и торпедного оружия различного назначения, трального вооружения, средств обнаружения и уничтожения морских мин, средств гидроакустического противодействия, технических средств для наблюдения за подводной обстановкой, а также подводных технических средств для транспортировки водолазов. Это является прямым свидетельством того, что «Гидроприбор» был и остаётся лидером в научно-технической отрасли, имеющей большое значение для защиты и обороны России, что подтверждает его статус как ГНЦ. Следует также отметить, что в соответствии с Федеральным законом РФ «О науке и государственной научно-технической политике» исследования и разработки, выполняемые в ГНЦ, должны быть реализованы в рамках государственных и федеральных целевых программ, а сами ГНЦ обязаны вести научные исследования по всем направлениям развития науки, технологий и техники в Российской Федерации.

Это в полной мере соответствует задачам, которые решаются в ГНЦ «Гидроприбор». Направления научной школы Кон-

церна функционируют как центры развития новых технологий. Спектр проводимых ими исследований охватывает основные составляющие проектирования морского подводного оружия (МПО).

Исследования и разработки научной школы «Гидроприбора» ориентированы на реализацию приоритетов научно-технологического развития МПО, создание и применение новых технологий на основе использования результатов интеллектуальной деятельности учёных и специалистов.

Особо следует отметить лидирующую позицию Концерна в вопросах организации и проведения значимых научных форумов. Один из них, состоявшийся в феврале 2019 года, назывался «Неделя науки в Концерне» и был приурочен ко Дню российской науки и к 75-летию юбилею «Гидроприбора». Отличительной особенностью этого научного мероприятия стало участие в нём представителей ведущих вузов и предприятий России, среди которых СПбГМТУ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Военно-морская академия им. Н.Г. Кузнецова, ВНИИ «ВИАМ», ГУМРФ им. С.О. Макарова, Крыловский ГНЦ, НИИ спасания и подводных технологий, НИИ кораблестроения и вооружения и АО «Корпорация «Тактическое ракетное вооружение» (КТРВ). Перед участниками форума выступили представители администрации Санкт-Петербурга, КТРВ, главного командования Военно-морского флота, руководители ведущих предприятий ВПК России, знаменитые учёные и конструкторы по направлению деятельности «Гидроприбора».

В приветственном слове В.В. Патрушева, генерального директора Концерна, говорилось о вкладе его сотрудников в решение задач по защите и безопасности государства и о важности подготовки молодых учёных для повышения эффективности и надёжности создаваемого морского подводного оружия. Указанное направление является одним из перспективных в работе предприятия и коррелирует с указаниями высшего руководства Российской Федерации в вопросах возрождения отечественной науки.

Особую значимость «Форуму науки» придали те обстоятельства, что его работа проводилась в год 75-летия снятия фашистской блокады. В настоящее время на предприятии трудятся несколько участников Великой Отечественной войны, они продолжают создавать и совершенствовать морское подводное оружие. Мы гордимся нашими ветеранами и ценим их знание и опыт.

В ноябре 2019 года состоялась III Всероссийская научно-практическая конференция «Морское подводное оружие. Перспективы развития», организаторами которой выступили АО «Концерн «МПО – Гидроприбор», ФГУП «Крыловский Государственный научный центр» и ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет». На конференции рассматривались вопросы, представляющие объект интересов научной школы Концерна, среди которых можно выделить:

- МПО, подводные робототехнические комплексы и системы управления;
- системы освещения подводной обстановки и выдачи целеуказания для применения морского подводного оружия;
- энергосиловые установки морского подводного оружия;
- системы хранения и пуска морского подводного оружия.

Не менее важное значение имела конференция, проходившая осенью в Военном учебно-научном центре ВМФ

«Военно-морская академия им. Н.Г. Кузнецова» под руководством главнокомандующего ВМФ адмирала Н.А. Евменова на тему «Проблемные вопросы создания противолодочного, ракетного и торпедного оружия, его интеграция с корабельными системами обнаружения, целеуказания и управления стрельбой». На конференции были освещены следующие вопросы:

- история развития торпедного оружия;
- результаты выполнения ОКР по модернизации торпед, предложения по серийной модернизации торпед;
- перспективы развития энергосиловых установок торпед, преимущества и недостатки тепловых торпед и электрических энергодвигательных модулей;
- предложения по разработке систем управления и самонаведения торпед, перспективы создания многоканальных систем самонаведения.

На конференции были обозначены научно-технические проблемы в развитии МПО, решение которых позволит создать новые образцы на основе передовых базовых технологий, отработанных при выполнении перспективных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Докладчики подробно и логически последовательно рассмотрели проблемные вопросы совершенствования торпедного, минного и противоминного оружия, а также подробно осветили вопросы технологического развития и модернизации средств гидроакустического противодействия.

Представленный материал базировался на результатах исследований научных школ Концерна и сопровождался демонстрацией образцов, разработанных учёными и конструкторами «Гидроприбора».

В перечислении знаковых научных форумов, участником которых за прошедшее время стал «Гидроприбор», выделяется научно-практическая конференция под руководством Президента России В.В. Путина. «Российский Военно-морской флот в XXI веке», состоявшаяся 9 января 2020 года

в Севастополе. На ней выступил генеральный директор Концерна В.В. Патрушев с докладом «Научно-технические проблемы развития морского подводного оружия и пути их решения».

В докладе были показаны текущий и перспективный планы создания образцов МПО. Также было отмечено выполнение плана подготовки производственных мощностей для обеспечения серийного изготовления новых образцов МПО. Отдельным блоком была освещена и проблема строительства морского всесезонного глубоководного многопрофильного полигона для обеспечения испытаний образцов МПО и его составных частей. Было подчеркнуто, что наличие такого полигона способствует повышению качества создаваемого оружия, оптимизирует сроки разработок и уменьшает стоимость проводимых работ.

Следует также отметить деятельность Концерна по воспитанию и подготов-

ке молодых учёных, свидетельством чему являются ежегодная конференция молодых учёных и специалистов «Морское подводное оружие. Морские подводные роботы. Вопросы проектирования, конструирования и технологий», на которую приглашаются аспиранты, студенты и курсанты высших учебных заведений Санкт-Петербурга.

ВЫВОДЫ

Одним из приоритетов в работе ГНЦ «Гидроприбор» является укрепление роли и авторитета науки в вопросах создания, модернизации и совершенствования морского подводного оружия. Базой подготовки молодых учёных выступает научная школа «Гидроприбора» и его аспирантура. Комплексность в разработке передовых технологий, достижений науки и подготовки молодых научных кадров с опорой на опыт ветеранов является залогом решения самых сложных задач, стоящих перед Концерном.

УДК 623.98

*В.В. ПАТРУШЕВ, д.т.н. А.К. ФИЛИМОНОВ,
канд. воен. наук В.А. СУДАРЧИКОВ*

НАУКА В ГНЦ «ГИДРОПРИБОР» КАК ФАКТОР СОЗДАНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО МОРСКОГО ПОДВОДНОГО ОРУЖИЯ

В статье рассматриваются вопросы создания опережающего научно-технического задела при разработке МПО и внедрения методики оценки уровней готовности технологий создания высокотехнологичной продукции.

Государственный научный центр АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор» (далее – Концерн), встречающий год памяти и славы, посвящённый 75-й годовщине Победы в Великой Отечественной войне, можно назвать ровесником Победы.

В тяжёлые военные дни Государственный комитет обороны СССР, понимая, что одна из главных угроз на фронте военных действий сосредоточена под водой, принимает решение о создании в Ленинграде научно-исследовательского минно-торпедно-трального института (НИИ-400). Основным предназначением института стали научные исследования и опытно-конструкторские разработки для ВМФ в области морского подводного оружия (МПО) в обеспечение укрепления морской подводной безопасности СССР.

Совершенно очевидно, что для решения стратегических задач безопасности все разрабатываемые технологии, материалы, приборы и системы, применяемые при создании МПО, должны базироваться на новейших достижениях в различных областях науки и техники. Разумеется, создавать эффективное оружие могут только талантливые учёные и высококвалифицированные инженеры, а развитие отрасли МПО напрямую зависит от уровня научных разработок и технологий.

Наиболее ярко взаимосвязь между наукой и оборонной безопасностью прослеживается при разработке торпедного оружия со специальным зарядом. Головным разработчиком торпеды 53-58 со специальным боезарядом был НИИ-400. Первые испытания прошли 10 октября 1957 г. на

полигоне Новая Земля. Торпеда, выпущенная с подводной лодки С-144 проекта 613, пройдя 10 километров, взорвалась на глубине 35 метров. Результатом подрыва торпеды было потопление всех кораблей-мишеней: двух эсминцев, двух подводных лодок и двух тральщиков. Стало ясно, что новое подводное оружие может определить результат не только отдельного морского боя, но и целой операции. И уже в следующем, 1958 г. торпеда 53-58 была принята на вооружение ВМФ.

Приведённый пример показывает, как учёные и конструкторы НИИ-400 принимали активное участие в создании эффективного МПО и, следовательно, в укреплении морской подводной безопасности России.

В настоящее время в Концерне работает научная школа, которая насчитывает более 60 кандидатов и докторов наук. Функционирует аспирантура, диссертационный совет, регулярно издаётся рецензируемый научно-технический сборник «Подводное морское оружие».

В современных условиях научное обеспечение устойчивого развития Концерна должно базироваться:

– во-первых, на синергетических подходах, применяемых с целью всестороннего интегрирования научно-технических знаний в проектируемые образцы МПО. Фундаментальная, прикладная, вузовская и военная науки должны работать в унисон, создавая вокруг ГНЦ первый, инновационный пояс в формате «институты РАН – организации ОПК – ведущие университеты – институты ВМФ»;

– во-вторых, на реализации произ-

водственной функции науки в формате второго, научно-производственного пояса «фундаментальные НИР – прикладные НИР – опытно-конструкторские работы – производство МПО».

Внедрение технико-технологической функции науки в производственную отрасль МПО потребует расширения границ действующей в Концерне научной школы и формирования на её базе научно-производственной школы ГНЦ «Теория проектирования и технологии создания МПО».

Создание своеобразного двойного инновационного пояса (рисунок 1) обеспечит

системное взаимодействие в области трансформации научных знаний в передовые технологии создания высокотехнологичной продукции Концерна. При этом очевидно, что в сложившихся в России технологических условиях единственно возможным путём системного прорыва в создании нового (перспективного) отечественного МПО является научный. Необходимо опережение в научно-технических решениях, переход к комплексным научно-технологическим исследованиям и разработкам, а также проведение объективных натурных испытаний образцов МПО.



Рисунок 1 – Научно-производственная матрица

Нужно отметить, что в условиях новой эры подводной войны прорыв в создании перспективного МПО должен начинаться с подготовки нового поколения инженеров, владеющих современными методами и средствами цифрового проектирования новых образцов МПО, боевых подводных робототехнических комплексов, систем освещения подводной обстановки, техникой высокопроизводительных вычислений, технологиями новых материалов,

технологиями морской гибкой электроники, а также информационными технологиями управления жизненным циклом образцов и комплексов МПО.

Решение проблемы подготовки кадров предлагается осуществить на основе проектно-ориентированного научного подхода путём создания на базе ГНЦ научно-технологической школы непрерывного образования инженеров морского подводного оружия.

Для укрепления высокого статуса Государственного научного центра и обеспечения конкурентоспособности МПО в ГНЦ должно обеспечиваться непрерывное создание опережающего научно-технического задела (ОНТЗ). ОНТЗ позволит обеспечить высокие технико-экономические и тактико-технические характеристики (ТТХ) МПО, минимизировать риски их снижения, а также сократить срок освоения серийного производства МПО. ОНТЗ формируется на основе результатов инициативных НИОКР и инновационной системы управления исследованиями и разработками с помощью

методики оценки уровней готовности технологий (УГТ) создания высокотехнологичной продукции [1, 2].

Методика оценки УГТ организуется по иерархическому принципу, который предусматривает последовательное прохождение технологической цепочки, состоящей из девяти уровней готовности: от стадии фундаментальных исследований (ФИ) до стадии готового изделия. Из девяти УГТ первые шесть охватывают период создания научно-технического задела, а последующие три относятся к созданию конкретных образцов и комплексов МПО (рисунок 2).



Рисунок 2 – Уровни готовности технологий в инновационном цикле

Первый уровень готовности (базовый) относится к стадии ФИ, где сформулирована идея решения физической или технической проблемы, выявлены основные принципы новой технологии.

На втором уровне сформулирована новая технологическая концепция и под-

тверждена её обоснованность.

На третьем уровне подтверждена работоспособность концепции. Этот этап должен включать в себя как теоретические, так и лабораторные исследования, а также эксперименты, реально подтверждающие достоверность и точность теоретического

предсказания технической концепции.

На четвёртом этапе проверены компоненты и макеты в лабораторных условиях. После успешного доказательства правильности выбранной концепции основные технические элементы должны быть интегрированы в общую систему, чтобы установить возможность их совместной работы.

Со второго по четвёртый этап идёт разработка новой технологии (рисунок 2).

На пятом и шестом этапах осуществляется демонстрация технологии. Причём решение о проектировании и производстве нового образца принимается только при наличии технологий, отработанных и подтверждённых на работоспособных демонстраторах.

На седьмом – девятом этапах идёт

создание нового образца. На этих этапах должны быть проведены опытно-конструкторские работы (ОКР), испытания в натуральных условиях, начато промышленное производство и научное сопровождение ОКР и промышленного производства.

При строгом следовании методике оценки УГТ проекта достигается соответствие заявленных ТТХ тактико-техническим характеристикам серийных изделий (рисунок 2).

На рисунке 3 представлена девятиуровневая шкала готовности технологии и качественная зависимость уровня риска создания образца от степени готовности технологии. Из графика на рисунке 3 видно, что с увеличением УГТ уровень риска снижается.

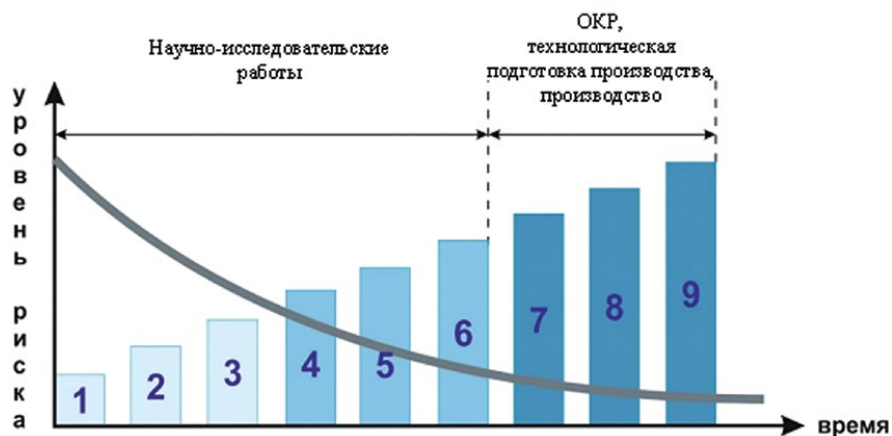


Рисунок 3 – Шкала уровней готовности технологии

Оценка готовности технологии (ОГТ) может выполняться на разных стадиях её разработки. Обязательным является проведение ОГТ в точках принятия решения о продолжении работ. На рисунке 4 показаны три контрольные точки (А, Б, С) процесса разработки технологии [1, 2].

Первая контрольная точка А соответствует стадии разработки концепций и технологии. На данном этапе окончательно формируется концепция технологии и при-

нимается решение о полномасштабной разработке и подготовке производства.

Вторая контрольная точка Б – стадия разработки и демонстрация системы. На данном этапе заканчивается непосредственная разработка технологии, проходят демонстрации в предполагаемой среде эксплуатации, корректируются последние «неточности» и планируется организация производства. Для принятия решения о начале фазы конструирования и подготовки произ-



Рисунок 4 – Шкала оценки готовности технологии

водства рекомендуемый уровень готовности технологии – не ниже УГТ 6.

Третья контрольная точка С – стадия производства и начального ввода в эксплуатацию. На данном этапе заканчивается разработка системного продукта и принимается решение о начале мелкосерийного (опытного) производства. Рекомендуемый УГТ – не ниже УГТ 7.

Методические указания по оценке

уровня зрелости технологии изложены в [1, 2].

Таким образом, в ГНЦ «Гидроприбор» сформирована научно-производственная матрица, где наука определяет облик перспективного МПО, является первоосновой качества МПО и выступает как фактор создания эффективных образцов и комплексов МПО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брутян М.М. Применение экспертно-тестовой методики оценки уровней готовности технологий для решения практических задач в наукоёмких отраслях. // Научные исследования экономического факультета: Электронный журнал. – Том 7. – Выпуск 3. – 2018.
2. ГОСТ Р 58048-2017. Трансфер технологий. Методические указания по оценке уровня зрелости технологий.

*В.Н. ГРИГОРЬЕВ, д.т.н. В.А. МИХАЙЛОВ,
к.т.н. В.А. СУХАРЕВ*

МЫ БЫЛИ ПЕРВЫМИ

Статья посвящена истории развития морских мин-ракет, их создателям, пионерской роли НИИ-400 – ЦНИИ «Гидроприбор» – НПО «Уран» – АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» и заказчикам от ВМФ НИИ-3 – 28 НИИВ / МТУ ВМФ – УПВ ВМФ. Статья написана на основе открытых источников, включая воспоминания создателей оружия.

Нашей стране принадлежит неоспоримый приоритет в применении реактивного двигателя для движения снарядов в подводной среде. Первые работы по созданию конструкции самодвижущейся в воде мины с реактивным двигателем были начаты в 1894 г. русским ученым Николаем Ивановичем Тихомировым (настоящее имя – Николай Викторович Слетов, имя Тихомирова было дано для прикрытия).



Н.И. ТИХОМИРОВ (1859-1930)

В 1894-1897 гг. были проведены эксперименты с небольшими моделями, которые двигались в воде за счет реактивной силы пороховых газов. Теоретическое обоснование, необходимые расчеты, проект самодвижущейся реактивной мины и результаты испытаний, проведенных в последующие годы, в 1912 г. послужили основанием для подачи документов морскому министру адмиралу Бирюлеву, который не

увидел в новой конструкции явных преимуществ перед традиционными самодвижущимися минами (торпедами) по дальности действия и разрушительной способности.

Уверенность в своем проекте, определенные доработки позволили Н.И. Тихомирову в 1915 г. подать прошение о выдаче привилегии на новый тип «самодвижущихся мин» для воды и воздуха в Комитет по техническим делам отдела промышленности Министерства торговли и промышленности. Охранное свидетельство на изобретение за № 309 было выдано в том же году, а положительное заключение было подписано в 1916 г. Н.Е. Жуковским, бывшим в то время председателем отдела изобретений Московского военно-промышленного комитета. Различные экспертизы подвергали сомнению действительность изобретения, но они оказались несостоятельными, и в начале 1921 г., уже в новой России, изобретение было признано имеющим важное оборонное значение. Это стало основанием создания первой в СССР ракетной газодинамической лаборатории – колыбели советского ракетостроения, где проводились работы по созданию реактивных двигателей на твердом топливе, специально разработанном бездымном пироксидиновом порохе на нелетучем растворителе – тротиле, отличающимся мощным, стабильным горением с достаточно сильным газообразованием. Работы по реактивному движению снарядов были продолжены талантливыми учениками Н.И. Тихомирова В.А. Артемьевым, Б.С. Петропавловским, Г.Э. Лангемаком, И.И. Кулагиным и др., которые довели его дело до завершения (РС для «Катюши»).

Начало было положено.

Для развития морского подводного оружия важным этапом стала начатая в 1940 г. в НИИ-3 ВМС разработка реактивных торпед, которая продолжилась в созданном в 1944 г. НИИ-400 по двум направлениям: на жидком (А.М. Исаев, Ф.Л. Якайтис и В.А. Калитаев) и твердом топливе (В.Д. Горбунов). В 1940-е гг. было разработано несколько проектов образцов реактивных торпед, но на вооружение торпедоносной авиации в 1953 г. был принят только вариант с пороховым двигателем РАТ-52 главного конструктора (ГК) Г.Я. Диллона (с 1958 г. – РАТ-52М, ГК В.П. Голиков). Торпеда имела следующие ТТХ: калибр 450 мм, длина 3,9 м, масса 627 кг, ВВ 243 кг, тяга РД 800-1200 кг, скорость 58-68 узлов, дальность хода 520-600 м, высота торпедометания 1500-10000 м, два контактных взрывателя, самоликвидатор. РАТ-52 находилась на вооружении до 1983 г., продавалась Китаю, Кубе.

Корабельная (для торпедных катеров) реактивная торпеда с ЖРД (керосин / азотная кислота) РТ-45-2 имела по тем временам достойные ТТХ: калибр 450 мм, длина 3,9 м, масса 630 кг, ВВ 250 кг, скорость 70-75 узлов, дальность хода 1500-2000 м. Эта торпеда не была принята на вооружение в силу низкой безопасности и сложности эксплуатации, а также традиционности мышления «истинных» торпедистов.

Это историческая преамбула о приоритетах. Но данная статья о приоритетах, не превзойденных до сих пор, о тех областях, где мы не только первые, но и лучшие, эталонного качества. Речь идет о специфическом виде морского подводного оружия – морском минном оружии (ММО), минах-ракетах. Наиболее значимые особенности ММО:

- позиционный характер функционирования, пассивность и незаметность до попадания цели в опасную зону реагирования неконтактного взрывателя и подрыва (старта боевой части);

- определение принятым алгоритмом

(временем от момента установки на заданное углубление) или сигналами телеуправления приведения в боевое состояние на позиции;

- автономность, самостоятельность в подготовке (в обнаружении сигналов цели и обработке полученной информации) и принятии решения о подрыве боевой части или неподрыве – это первые робототехнические системы, их прообраз;

- заданная длительность функционирования (нахождения / неахождения в боевом состоянии, в постоянной готовности) на боевой позиции;

- длительное воздействие условий функционирования на все составные части и устройства: глубины (давления), гидрологии, солёности, течений, состояния поверхности моря и грунта, состава грунта, температуры воды, естественных и искусственных помех;

- нахождение в постоянной готовности и заданной алгоритмом реакции на противодействие, на воздействие противоминного вооружения (средств борьбы с минами).

Во второй половине XX века ММО совершило качественный скачок в своем развитии.

После победы в Великой Отечественной войне начался период проведения реформ, которые базировались на богатейшем опыте преобразований Вооруженных сил (ВС), полученном в 1920-1930-е годы (в том числе и собственном негативном опыте конца 1930-х гг. и положительном опыте Германии), на анализе начала, хода и исхода войны, политического и экономического положения страны, международной обстановки, накопленном и приобретенном научно-техническом потенциале.

В первые послевоенные годы была создана самая эффективная за всю историю страны система проведения фундаментальных и поисковых исследований, разработки и создания вооружения, подготовки военных и научных кадров, обеспечения боеготовности ВС, а также мощный научно-тех-

нический и производственный потенциал. В 1950-1960-е гг. заложен фундамент всей программы судостроения и вооружения, позволивший создать океанский флот и ракетно-ядерный щит России. Тяжелые уроки войны не проходят даром (неужели для повторения уроков нужна новая война?).

Для реализации новой военной (военно-морской) доктрины и экономической политики были укреплены ее военно-научный и технический компоненты: созданы новые НИИ Министерства обороны (№№ 1, 2, 3, 4) и других министерств (НИИ-400), конструкторские бюро и научно-испытательные полигоны ВМФ, организовано Высшее военно-морское училище инженеров оружия (ВВМУИО), образована военно-морская секция в Академии наук, сформирован факультет морского приборостроения Ленинградского кораблестроительного института (ЛКИ). Из состава Военно-морской академии были выделены инженерные факультеты и образована Военно-морская академия кораблестроения и вооружения (ВМАКВ им. А. Крылова). Обе академии, ВВМУИО, ЛКИ стали центрами проведения фундаментальных и прикладных исследований по проблемам ВМФ, которые являются основой развития флота, его вооружения, позволяют эффективно функционировать научно-исследовательским учреждениям (НИУ) ВМФ и промышленности. Во всех научных учреждениях и конструкторских бюро активно поддерживались инициативные работы, направленные на новые открытия, фундаментальные и поисковые исследования.

Реализация научно-технического потенциала позволила в короткие сроки разработать образцы вооружения, аналогов которых не было в мире, провести фундаментальные и поисковые исследования, используемые до сих пор. Этому способствовал также высокий уровень и проработанность технических заданий промышленности на разработку систем вооружения, отдельные образцы которых родились в НИУ ВМФ, ВМАКВ и ВВМУИО, ЛКИ.

Многие военные конструкторы были откомандированы в промышленность для доводки разработанных образцов, подготовки к испытаниям, приему на вооружение и производству. Сроки от начала разработки до принятия на вооружение составляли, как правило, 6-7 лет, а наиболее сложные, открывавшие новую эру в развитии науки и техники, – до 10 лет.

Анализ ТТХ лендлизированной, трофейной военной техники и оружия определил необходимость корректировки направлений развития отечественного вооружения. В первую очередь это затрагивало применение реактивных двигателей для военной техники и вооружения. В связи с этим 19 мая 1946 г. вышло постановление Совета министров СССР № 1017-419сс по вопросам реактивного движения, подписанное И.В. Сталиным. В соответствии с этим постановлением:

– был создан специальный комитет по реактивной технике при Совете министров СССР;

– определено, что работы по развитию реактивной техники являются важнейшей государственной задачей, а все министерства и организации обязаны выполнять задания по реактивной технике как первоочередные.

Началась эпоха интенсивного применения реактивной техники во всех видах ВС. Свидетельством тому является принятие на вооружение в 1950-х годах баллистических ракет Р-1, Р-2 (1950 г.), Р-5 (1953 г.), Р-7 (1957 г.), Р-11ФМ (1959 г.) с надводным стартом, Р-21 (1963 г.) с подводным стартом. Кроме того, были разработаны крылатые ракеты для морской авиации (КС в 1952 г.), велись работы по созданию зенитных ракет.

Подтверждением общей обстановки того периода и хода проводимых реформ является создание в нашей стране первой в мире мины-ракеты, первого подводного реактивного снаряда с собственной системой обнаружения и наведения на корабль. Этот исторический факт хорошо известен специ-

алистам и достаточно подробно описан в [1-3]. Был приобретен бесценный опыт создания оружия, который необходимо применять сегодня и в будущем. Рассмотрим **составляющие успешного прорывного движения вперед в области развития вооружения и создания новых образцов оружия.**

1. Наличие научно-технического задела (потенциала) в области исследования и конструирования в смежных областях, возможность и способность его применения (некоторые фрагменты этого задела представлены выше). Наличие базового образца ускоряет и удешевляет процесс разработки (об этом ниже).

2. Необходимость, целесообразность формирования направления развития вооружения, создания новых образцов оружия должна быть обоснована. При этом очень важна поддержка инициативы исполнителей, личные качества руководителей, организация рабочего коллектива.

На необходимость и целесообразность большое внимание оказывает изменение обстановки, роли и места вида оружия в вооруженной борьбе, расширение задач или их конкретизация, изменение условия применения, повышение эффективности противодействия.

Кроме того, должна быть качественная несоизмеримость между уровнем развития оружия, его систем, составных частей и задачами, условиями применения, между требуемой эффективностью поражения и адекватностью систем обеспечения боевой устойчивости цели (корабля) от средств поражения, между необходимостью нанесения прямых и косвенных потерь и способностью противника избежать этих потерь организацией обороны, превентивными действиями.

Человеческий фактор играет важнейшую роль: конструктору-создателю нового образца оружия необходимы такие качества, как знания и умения, кругозор, воля и настойчивость, инициатива и ответственность, способность анализировать и делать

объективные выводы, умение сформулировать проблему, поставить задачи и доложить о результатах, личные амбиции, опыт и здравый авантюризм.

К 1947 г. все сложилось удачно: наличие проблемной ситуации, видение путей ее разрешения и человеческий фактор – знающий (выпускник Военмеха), опытный инженер (несмотря на 26 лет), со спортивным характером инженер-майор Борис Константинович Лямин.



Б.К. ЛЯМИН (1913-2008)

Проанализировав опыт применения морских мин во Второй мировой войне, оценив место и роль минного оружия в возможной будущей войне, он пришел к выводу, что нужен образец, лишенный недостатков всех известных мин, на принципиально новой основе. Предложения Б.К. Лямина, проект тактико-технического задания (ТТЗ) были поддержаны начальником 3 (минного) отдела Научно-исследовательского и испытательного минно-торпедного института (НИМТИ) капитаном 1 ранга И.М. Адриановым.

В 1947 г. в 3 отделе НИМТИ началось выполнение инициативной научно-исследовательской работы (НИР) по теме «Камбала», направленной на обоснование возможности разработки принципиально нового

направления развития морского минного оружия с использованием реактивной техники и создание первого в мире образца подводной ракеты – реактивно-всплывающей мины (РВМ, мины-ракеты). Работа была продолжена в конструкторском бюро III (минного) управления НИИ-3 ВМС, созданного в 1948 г. на базе НИМТИ. Подробности выполнения НИР «Камбала» изложены в [3], в настоящей статье остановимся на основных результатах и отметим участников.

Основные усилия были сосредоточены на двух принципиально новых для подводного оружия направлениях: разработке энергосиловой установки и способа обеспечения необходимой точности наведения боевой части на цель (1), разработке неконтактной аппаратуры боевого канала и взрывателя (2). Проведенные научные исследования позволили обосновать следующие технические решения:

– энергосиловая установка (ЭСУ) – пороховой реактивный двигатель, аналогичный реактивному двигателю создаваемой торпеды РАТ-52;

– принцип построения неконтактной аппаратуры, канала обнаружения – гидроакустический;

– принципы действия взрывателя – контактный и гидростатический.

К 1949 г., то есть за 2 года, был разработан эскизный проект РВМ в корабельном и авиационном вариантах, выпущена рабочая техническая документация на изготовление корпусов мины и реактивных двигателей со средней реактивной тягой 3 тонны, которая обеспечивала заданное (3 с) время всплытия мины к цели с наибольшей глубины – 100 метров. Участники (соисполнители) работы:

(1) проектирование и подготовка испытаний КМЧ, ЭСУ – РДТТ, механизмов установки на заданное углубление, решение общих вопросов: А.Д. Автушков – старший инженер, Я.П. Борисов – инженер-подполковник, начальник отдела КБ, В.Ф. Воробьева – младший научный со-

трудник, Б.К. Лямин – инженер-майор, начальник КБ, научный руководитель НИР, главный конструктор;

(2) разработка и испытания неконтактной аппаратуры дежурного и боевого каналов, неконтактного взрывателя и электрической схемы: Б.Н. Введенский – старший научный сотрудник, В.П. Горбунов – инженер-капитан, старший инженер, К.И. Горячев – старший сотрудник, Н.Г. Петров – старший сотрудник, Г.И. Москалюк – техник-лейтенант, м.н.с., В.В. Симончук – инженер, А.Г. Токарев – инженер-капитан 3 ранга, заместитель научного руководителя и главного конструктора.

Все перечисленные специалисты (кроме В.П. Горбунова, принявшего участие в НИР несколько позднее) имеют коллективное авторское свидетельство на изобретение РВМ № 13437, выданное патентным отделом Управления по стандартизации при Совете министров СССР с приоритетом от 29.08.1952 г.

Эскизный проект РВМ был доложен начальнику НИИ-3 ВМС и на научно-техническом совете. Надо отметить, что руководство НИИ-3 – начальники института инженер-контр-адмиралы И.Д. Чельшев и Н.Г. Федоров, начальник политотдела генерал-майор М.А. Юдин, начальники III управления капитан 1 ранга И.М. Адрианов и инженер-полковник В.А. Нормец, начальник V отдела инженер-капитан 1 ранга И.А. Скворцов – постоянно поддерживало работу и оказывало необходимую помощь.

Результаты эскизного проектирования были доложены руководству Минно-торпедного управления (МТУ) ВМФ, которое положительно восприняло проект. По воспоминаниям Б.К. Лямина, командование и специалисты МТУ ВМФ (начальники вице-адмиралы А.Е. Брыкин, Б.Д. Костыгов, начальник III отдела инженер-капитан 1 ранга Е.Я. Разумовский, офицеры отдела инженер-капитаны 2 ранга Г.С. Курляндцев и И.Г. Уваров) принимали деятельное участие в создании мины КРМ.

3. Заказчик (МО, ВМФ) должен чет-

ко представлять, какой образец необходим флоту, его эксплуатационные свойства, возможности его создания и цену вопроса. Для формирования ТТЗ на ОКР в НИУ Заказчика должны быть выполнены НИР и аванпроект, а может быть, и эскизное техническое проектирование. Для выполнения такой работы необходимы высококвалифицированные специалисты.

В 1949-1950 гг. на базе полигона № 220 на Ладожском озере сотрудники НИИ-3 ВМС провели натурные испытания подводного реактивного снаряда – противокорабельной мины-ракеты. Невозможно даже представить, чтобы сегодня НИИ КиВ мог выполнить эскизный проект образца и провести первые его испытания.

В ходе натурных испытаний были достигнуты следующие результаты.

1. Впервые в мире был практически осуществлен глубоководный реактивный старт с глубины 100 метров. Подчеркнем, что в ВМС США работы по осуществлению подводного старта баллистических ракет с глубины 50-60 м были начаты в 1956 г., работы по созданию реактивных мин – в 1969 г. (от создания отказались). Первый подводный старт баллистической ракеты в ВМФ СССР был осуществлен в сентябре 1960 г.

2. Доказана возможность реактивного движения подводного снаряда – мины-ракеты со средней скоростью 25-28 м/с в условиях изменяющегося по глубине противодавления внешней среды. Возможности энергетической установки были таковы, что мина после выхода из воды с глубины 40 м поднималась на высоту до 700 м.

3. Обеспечена стабилизация движения мины на подводной траектории за счет хвостового оперения. Отклонения от вертикали не превышали 5-8 м.

4. Определены принципы обеспечения тралостойкости: придонный вариант постановки на стропке длиной 0,8 м и аппаратный – путем применения дежурного пассивного акустического канала (аналогичного АМД-2) и боевого гидролокаци-

онного канала с локальной опасной зоной (20 м на $h_m = 100$ м).

Полученные в 1949-1950 гг. результаты натурных испытаний позволили провести необходимые уточнения и подготовку (изготовлено 10 образцов) к натурным испытаниям мины в сборе (якорное устройство не требовало специальных исследований), которые и были проведены в 1951 г. на Ладожском озере и в аэрогидродинамической лаборатории.

Результаты испытания были изложены в отчете и доложены начальнику МТУ ВМФ инженер-вице-адмиралу А.Е. Брыкину, а затем военно-морскому министру адмиралу флота Н.Г. Кузнецову. Объем проделанной работы и ее результаты были признаны вполне достаточными для передачи дальнейшей работы в промышленность. Министр приказал:

1) форсировать выпуск отчетной технической документации на мину с учетом результатов ее натурных испытаний;

2) принять меры для передачи дальнейшей работы по созданию принципиально нового типа мины в промышленность путем включения ее в план ОКР НИИ-400 Минсудпрома (МСП) (в настоящее время АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»);

3) с целью ускорения отработки, принятия на вооружение и передачи на флот принципиально нового типа мины отработку ее вести в корабельном варианте, имея в виду, что создание аналогичных мин для других носителей минного оружия не потребует проведения серьезных научно-исследовательских изысканий.

В соответствии с приказом министра выпуск отчетной технической документации (ТД) на мину был выполнен в короткие сроки, и она была утверждена начальником НИИ-3 ВМС инженер-контр-адмиралом И.Д. Чельшевым

После обстоятельного ознакомления с нею и материалами отчетов по результатам лабораторных исследований и натурных испытаний мины специалисты НИИ-400 провели объединенный научно-технический

совет при участии командования НИИ-3 ВМС и руководства НИИ-400. На совете были рассмотрены принципы устройства мины, результаты ее лабораторных исследований и натурных испытаний и проект ТТЗ на выполнение ОКР, содержание которого соответствовало техническому заданию, по которому проводилась работа в НИИ-3 ВМС. Несмотря на убедительность положительных результатов проведенных исследований и натурных испытаний, доказывающих практическую возможность создания РВМ, руководство НИИ-400 не дало согласие на включение этой работы в план ОКР и отказалось принять ее и как научно-исследовательскую поисковую работу.

Чтобы добиться включения работы в план ОКР НИИ-400, Б.К. Лямин, как главный конструктор мины «Камбала», обратился в сентябре 1951 г. с секретным письмом к первому секретарю ЦК ВКП(б), в котором изложил преимущества РВМ по сравнению с известными типами мин, и просил содействия по данному вопросу. Позже стало известно, что первый секретарь ЦК ВКП(б) И.В. Сталин, ознакомившись с содержанием этого письма, написал на нем: «Министрам обороны, судостроительной промышленности и госбезопасности. Разобраться и принять необходимые меры».

Вскоре вышло постановление Совета министров СССР № 4482-1981сс от 09.11.1951 г., подписанное И.В. Сталиным, в котором, в частности, было следующее: «Включить в план ОКР НИИ-400 МСП, начиная с 1952 года, разработку РВМ «Камбала» в корабельном варианте по ТТЗ ВМС. Для усиления этой работы направить в НИИ-400 МСП группу конструкторов инженер-майора Б.К. Лямина. Изготовление электронно-гидроакустической аппаратуры мины поручить НИИ-3 МСП» (в настоящее время АО «Концерн «Океанприбор»).

Во исполнение указанного постановления с 1952 г. из НИИ-3 ВМС в НИИ-400 были откомандированы Б.К. Лямин, А.Г. Токарев, В.П. Горбунов, Г.И. Моска-

люк. Кроме них в работе по созданию РВМ «Камбала» (тема Б-VII-18) приняли участие сотрудники НИИ-400:

– в разработке и испытаниях КМЧ, ЭСУ, якорного устройства и гидростатического взрывателя: начальник 3 отдела Л.П. Матвеев (с мая 1955 г. С.С. Корытов), начальник сектора М.В. Чуприков, ведущий инженер М.Л. Сиротников, старшие инженеры Л.П. Богданов, В.И. Вологодский, инженер С.С. Закиров;

– в разработке и испытаниях неконтактной аппаратуры (НА) дежурного (ДК) и боевого каналов (БК): начальник 9 отдела Ф.Н. Соловьев, старшие инженеры старший лейтенант Г.И. Москалюк, В.И. Торопов, инженеры Р.А. Темир-Галиев, Ю.А. Богомолов, Л.Г. Ковалева, З.А. Штримх, начальник КБ П.Ф. Алексеев, старший инженер инженер-капитан В.П. Горбунов.

ГК мины был назначен лауреат Государственной премии инженер-подполковник Б.К. Лямин, заместителем ГК – инженер-капитан 2 ранга А.Г. Токарев (с 1954 г. В.С. Попов).

4. Для ускорения разработки образца, передачи опыта и научно-технического задела целесообразно в отдельных случаях откомандирование специалистов НИУ Заказчика в НИУ промышленности.

Уровень разработанной в НИИ-3 ВМС рабочей ТД был достаточно высок, организация выполнения работ в НИИ-400 была исключительной, поэтому уже в августе 1952 г. была изготовлена первая экспериментальная партия мин «Камбала» в количестве 10 комплектов с использованием в качестве реактивных двигателей стартовых самолетных реактивных ускорителей «У-5» с пороховыми зарядами.

Морские экспериментальные испытания мины были проведены на Черноморском флоте (ЧФ) в районе Севастополя с октября 1952 г. по май 1953 г. при участии специалистов МТО ЧФ, базы минного оружия, 24 дивизиона ОВР, крейсеров и эсминцев ЧФ. Основные замечания были связаны с работой НА (разработчик – НИИ-3 МСП).

В течение двух лет (1953-1954 гг.) дорабатывались отдельные узлы и устройства мины, НА, разрабатывался специальный РДТТ (тяга 1800 кг, скорость всплытия с глубины 100 м не более 6 с) для замены стартового реактивного ускорителя «У-5» (тяга 1600 кг), проводились их испытания на Ладожском озере на полигоне № 220 ВМС и на ЧФ. После корректировки ТД была изготовлена партия мин для проведения экспериментальных испытаний мины по полной схеме.

Эти испытания были успешно проведены в 1955 г. на ЧФ. Ввиду получения явных положительных результатов как по подводной баллистике, так и по работе НА они были засчитаны МТУ ВМС и 4 Главным управлением МСП за заводские испытания. Было подписано решение о разработке техпроекта мины и подачи ее на госиспытания. Результаты испытаний подробно изложены в [2].

В 1956 г. на ЧФ госиспытания РВМ «Камбала», изд. 335, были проведены с положительными результатами (председатель комиссии – флагманский минер флота капитан 1 ранга С.Е. Голяс, заместитель председателя комиссии – инженер-подполковник Б.К. Лямин). При проведении госиспытаний, наряду с выполнением работ по другим этапам программы, впервые были произведены два взрыва боевых мин в районе мыса Айя в процессе их реактивного движения при срабатывании от гидростатических взрывателей. Тогда же была показана возможность осуществлять взрыв части мин над поверхностью воды для повышения фугасного воздействия на надводную часть корабля.

Результаты госиспытаний были доложены руководству оперативного управления и управления боевой подготовкой штаба ЧФ, командующему ЧФ вице-адмиралу С.Г. Горшкову, совместному совету НИИ-3 ВМС и НИИ-400 МСП, начальникам МТУ ВМС и 4 Главного управления МСП, заместителю ГК ВМФ.

По результатам госиспытаний со-

вместным решением МТУ ВМФ и 4 Главного управления МСП № 3/142565 от 14.01.1957 г., утвержденным заместителем ГК ВМФ и заместителем МСП, мина «Камбала» была представлена к принятию на вооружение ВМФ и к запуску в серийное производство. Постановлением Совета министров СССР № 152-83 от 13.02.1957 г. она была принята на вооружение и запущена в серийное производство. Во исполнение этого постановления министром обороны был подписан приказ № 045 от 01.03.1957 г. о принятии на вооружение мины под шифром КРМ (корабельная реактивная мина) и о размещении заказа на ее серийное изготовление промышленностью (ТТХ приведены в таблице 1).

Достижения и выводы по созданию мины КРМ

1. Впервые в мире предложена и практически доказана возможность движения на больших глубинах подводных снарядов, в том числе и мин, с реактивными двигателями. Создан первый в мире образец глубоководного подводного реактивного снаряда (РС) – реактивной мины (РМ). Принципы построения и функционирования ее ЭСУ, результаты испытаний были в дальнейшем использованы при разработке других РМ, противолодочных, баллистических и крылатых ракет с подводным стартом и траекторией. Предложен оригинальный способ стабилизации движения скоростных РС на подводной траектории путем проворачивания вокруг продольной оси;

2. Разработан образец НА мины с гидролокационным принципом действия БК, отличающийся двухимпульсным лонированием целей и поверхности воды, автоматической настройкой на уровень естественных помех моря и срабатыванием при нарастании акустического поля корабля.

3. Впервые реализована схема акустического ДК и БК. Впервые разработан и применен гидростатический взрыватель в самодвижущейся мине для поражения надводных кораблей.

Крупнейшее достижение в науке и

технике стало возможным благодаря оригинальности идей, самоотверженному труду и мужеству его создателей. Нужно отметить высочайший научно-технический уровень подготовленности офицеров и служащих ВМФ, сотрудников НИИ-400, способных самостоятельно пройти путь от идеи до конструктивного ее воплощения.

Мина-ракета КРМ была принята в вооружение 1 марта 1957 года, а 4 октября того же года космическая ракета вывела на орбиту первый искусственный спутник Земли. Началась эпоха ракетной техники, поддерживаемая не только первыми лицами государства (Н.С. Хрущев, Л.И. Брежнев), но и нижестоящими органами. А это проекты, образцы, финансирование, а также ордена, Ленинские и Государственные премии. Конечно, положительные обстоятельства надо использовать.

Богатейший научно-технический задел, опыт и результаты многочисленных испытаний, их анализ, новая военно-политическая обстановка (внутренняя и внешняя) стали основанием для разработки более совершенной, чем КРМ, реактивно-всплывающей мины – мины-ракеты. Заказчик (МТУ ВМФ, его НИМТИ) прекрасно представлял все достоинства и недостатки мины КРМ. Ее надо было принять (не принять – значить не выполнить постановление Совета министров СССР, ТТЗ на ОКР), получить опыт эксплуатации и идти дальше. Поэтому в НИМТИ ВМФ и НИИ-400 МСП было принято решение продолжить теоретические и экспериментальные исследования по совершенствованию мин-ракет и разработать авиационную РВМ.

Борис Константинович Лямин после успешных госиспытаний мины КРМ в июне 1956 г. вернулся на постоянное место службы в НИИ-3 ВМС на должность заместителя минного отдела, через три месяца он был назначен главным конструктором, в 1957 г. – начальником минного отдела. Как известно, успехи окрыляют, а характер способствует, поэтому на основе знания всех достоинств и недостатков мины КРМ, анализа военно-промышленной обстановки в

стране, а также опыта Второй мировой войны в части сковывания действий противника на море воюющими сторонами путем активного применения авиации для оперативной постановки минных заграждений он инициирует формирование ТТЗ на ОКР по созданию универсальной авиационной реактивно-всплывающей мины с повышенной глубиной постановки 300 м (против 100 м у КРМ).

Авиационные носители потребовали обоснования особых требований к подвеске, постановке, парашютной системе, а глубина постановки – к якорному устройству и способу постановки на заданное углубление. Обоснованность ТТЗ была доказана на НТС института и в МТУ ВМФ. После утверждения в начале 1957 г. документ был передан в НИИ-400.

Работа по созданию первой в мире авиационной реактивно-всплывающей мины «Камбала-А» (РМ-1) в габаритах авиабомбы ФАБ-1500 была поручена опытнейшему главному конструктору Л.П. Матвееву. Леонид Петрович участвовал в разработке ТД авиационных мин МАВ-1 (1938 г.), МИРАБ (1939 г.), АМГ-1 (1939 г.), был ГК АМД-1 в двух модификациях (Сталинская премия). В 1956 г. он как главный конструктор сдал авиационную мину «Ли́ра», разработанную на новой технологической основе.

При разработке конструкции РМ-1 Л.П. Матвеев поставил коллективу конструкторов задачу взять за основу мину КРМ и использовать наработки и достижения, полученные при создании авиационной мины «Ли́ра». Нового было много:

- обеспечение прицельного минометания без ограничения высоты и скорости самолетов того времени, повышенной скорости приводнения;
- надежная система автоматической постановки на заданное углубление способом автоколебаний;
- трехканальный акустический НВ;
- принципиально новые приборы: дугосрочный часовой механизм (ДЧМ), прибор уничтожения мины (ПУАМ).



И.А. КОМАРОВ, Х.В. ЩЕРБАКОВА, Л.П. МАТВЕЕВ. 1960-е гг.

Работы над созданием НА возглавил заместитель ГК Иван Алексеевич Комаров, который сформировал ее технический облик, создал приемное и передающее устройство, которые были переданы в ОКБ завода им. Г.И. Петровского (г. Горький) для разработки и серийного производства. Там И.П. Раскин, ГК аппаратуры обнаружения и пеленгования целей, создал принципиально новый НВ «Мурена» на полупроводниках, работающий по подводной лодке и надводному кораблю (с осадкой более 3,5 м) при углублении мины 40-150 м с радиусом реагирования до 10 м.

В работе над созданием механизма установки мины на заданное углубление методом автоколебаний, двухступенчатой парашютной системы «Парус» приняли участие Леон Мордухович Вольфсон, Валентин Георгиевич Тимошков, Александр Михайлович Рабков. Конструкция якорного устройства позволила увеличить глубину постановки (по сравнению с КРМ) со 100 м до 300 м с углублением 150 м и ставить мину на глубинах 40-150 м в придонном варианте.

Работы над созданием РМ-1 велись очень энергично. Имевшийся научно-технический и технологический задел по минам КРМ и «Ли́ра» способствовали выполнению планов. Уже в 1957 г. на Ладоге в

Лахденпохье начались испытания отдельных узлов и механизмов, доработанных от КРМ и «Лиры», и продолжились в 1958 г. в Феодосии. А в 1959 г., через два года после получения ТТЗ, на ЧФ начались и успешно завершились государственные испытания второго поколения реактивно-всплывающих мин – авиационной малопарашютной реактивно-всплывающей мины РМ-1, универсальной по целям с акустико-гидролокационным НВ. Заместитель председателя государственной комиссии – инженер-полковник Б.К. Лямин.

В 1960 г. мина РМ-1 была принята на вооружение ВМФ. Она до сих пор находится в боекомплекте (в модернизированном варианте). Ее отличает простота, безотказность, дешевизна. Мина могла ставиться и надводными кораблями, для чего снабжалась корабельной тележкой. Мина была в серийном производстве 16 лет, за которые был накоплен необходимый запас мин.

5. Объективной закономерностью успешного выполнения ОКР в кратчайшие сроки является проработанность и обоснованность ТТЗ Заказчика, наличие научно-технического и технологического задела, проверка разработанных узлов, механизмов, блоков на испытаниях, высокая организация и квалификация исполнителей.

Надо отметить, что характерной осо-

бенностью послевоенной деятельности НИМТИ – НИИ-3 – 28 ЦНИИ ВМФ являлась высокая степень научной обоснованности будущих проектов оружия, экспериментальная отработка каждого образца нового оружия. Наличие развитой лабораторно-стендовой и производственной базы позволяло институту передавать в промышленность для окончательной разработки и последующего предъявления на испытания отработанные макеты новых образцов оружия, что облегчало деятельность НИУ промышленности по созданию вооружения.

В 1960 г. руководство ВМФ поддержало предложения начальника ЦНИИ вооружения ВМФ инженер-контр-адмирала Николая Георгиевича Федорова и начальника Главного МТУ ВМФ вице-адмирала Бориса Дмитриевича Костыгова по развертыванию широкого фронта научно-исследовательских и конструкторских работ в ВМФ и НИУ МСП по различным техническим направлениям, концентрируясь на создании широкополосных мин-ракет и мин-торпед. Совет министров СССР одобрил эту инициативу и издал соответствующие постановления, в соответствии с которыми в промышленности были начаты работы по созданию:

- мины-ракеты «Кальмар» ПМР-1 (25.10.1961, № 972-416);
- мины-торпеды «Лоцман» ПМТ-1 (18.12.1963, № 1328);
- мины-ракеты «Голец» ПМР-2 (28.02.1963, № 246-86).

Исследования было рекомендовано направить на увеличение глубины места постановки и углубления якорных мин, создание комбинированных, чувствительных, помехоустойчивых взрывателей с повышенным радиусом действия. Все это требовало глубоких научно-технических исследований, а значит времени, финансирования, координации работ соисполнителей.

Но это перспектива, а интенсивное развитие ВМФ в послевоенный период (повторимся – уроки войны не прошли даром) требовало и современных вооружений.

Следует отметить переориентацию на преимущественное развитие подводных сил. В 1950-х гг. были сданы ВМФ 5 крейсеров, 12 эсминцев и 274 ПЛ различных классов: 20 больших ПЛ проекта 611, 215 средних проекта 613 и 30 малых ПЛ проекта 615 и А615, одна опытная ПЛ проекта 617, 4 ракетных и 5 торпедных ПЛА. Дизель-электрические ПЛ должны быть готовы к минным постановкам. Новые тактико-технические свойства РВМ очень заинтересовали подводников, а далее – по команде: Главный штаб ВМФ – Главное МТУ ВМФ – ЦНИИ вооружения ВМФ – минный отдел института – ответственный за формирование ТТЗ на ОКР по созданию РВМ для ПЛ заместитель начальника отдела полковник-инженер Б.К. Лямин. В 1960 г. НИИ-400 было выдано согласованное и утвержденное ТТЗ на ОКР.

Было ясно, что если РМ-1 обеспечивает оперативность, а при необходимости демонстративность постановок мин, то подлодочная мина должна обеспечить их скрытность, соответствовать требованиям носителя, его пусковым установкам – торпедным аппаратам калибра 533 мм и длиной не более 10 м.

Главным конструктором подлодочной РВМ «Камбала-Б» был назначен Александр Дмитриевич Ботов – молодой (34 года), перспективный (кандидат технических наук), но уже опытный (ГК мины ПЛТ-6) специалист. Смена ГК была обусловлена тем, что Л.П. Матвеев заканчивал работу над РМ-1 и переключался на новое направление – «Кальмар», а генеральный директор НИИ-400 Александр Михайлович Борушко поддерживал молодых специалистов.

По сравнению с Л.П. Матвеевым у А.Д. Ботова амбиций и опыта было меньше, характер был мягче. Но по организации работ, формированию коллектива, поддержке инициативы и творчества, защите своих сотрудников они были равны. Оба они, как вспоминал Л.М. Вольфсон, были «сдаточные капитаны»: «Я отвечаю за все, моих сотрудников не трогать».



А.Д. БОТОВ (1925-1995)

Основной особенностью подлодочной РВМ РМ-2 было соответствие массогабаритных характеристик возможностям торпедных аппаратов ПЛ – 533 мм, по две на трубу. Способ установки был выбран автоматический с грунта или петлевой с промежуточной глубины. Глубина места – 450 м, углубление – 150 м. НВ взят у РМ-1. В 1965 г. мина прошла модернизацию, принят глубинный вариант – 600 м, с углублением 150 м и 300 м для постановки мин в два яруса. НВ также прошел модернизацию.

Как видно из таблицы 1, каждые 2-3 года после КРМ принимается новый образец мин. Но научно-технического и технологического задела не хватало, а нужен был прорыв, обстановка этого требовала, особенно с подводными силами, и Заказчик был готов поддержать любые здравые идеи.

Как вспоминал Л.П. Матвеев, конструктивный прорыв был совершен во время их совместной с И.А. Комаровым поездки в Москву в 1960 г. – сначала за вагонным столиком, затем на квартире Михаила Сергеевича Приказчикова – одного из руководителей отдела НИОКР департамента МСП, участвовавшего во время войны в разоружении немецких мин. Так были разработаны основы противолодочной прицельной мины-ракеты «Кальмар». На следующий

день Михаил Сергеевич убедительно доложил руководству МТУ ВМФ о проблемах создания перспективных широкополосных противолодочных мин-ракет и вариантах их решения. Его доклад совпал с основными направлениями развития минного оружия, выработанными ЦНИИ вооружения ВМФ в НИР «Пикша» по заданию Главного штаба. Идея была одобрена полностью, и уже 25.10.1961 г. вышло постановление Совета министров СССР № 972-416 о развертывании в НИИ-400 до 1969 г. работ по созданию мины-ракеты «Кальмар» (ПМР-1).

Разработка была нелегкая. Практически все системы, агрегаты, устройства, приборы имели оригинальные технические решения. Необходимо было делать их макеты и проводить испытания. В первые годы было разработано, изготовлено и испытано около 350 таких моделей (макетов). Особенно много сложностей было в разработке бортовой электронной аппаратуры, которую возглавлял И.А. Комаров.

Мина-ракета имела поворотное устройство, позволяющее ей наклоняться в сторону цели и прицеливаться перед стартом. В разработке данного гидростатического устройства приняли участие Геннадий Михайлович Халтурин (акустическое поворотное устройство) и Леон Мордухович Вольфсон (неподвижное крестообразное устройство – «благословенный крест»), разработка которого и была принята. Ракета была некапсулированная, не имела приборов управления движением.

В ходе работ и испытаний ПМР-1 удалось добиться превосходных результатов относительно КРМ, РМ-1, РМ-2Г: глубина места постановки – 200-1500 м, углубление – 195-300 м. Зона обнаружения ПЛ («благословенный крест»), идущей на скоростях 5-35 узлов и глубинах 30-210 м, представляла собой сферический сектор в вершине 1400 радиусом 170 м. За создание первой в мире широкополосной самоприцеливающейся противолодочной мины-ракеты ПМР-1 Л.П. Матвеев был удостоен в 1978 г. Государственной премии СССР.

Таблица 1 – ТТХ первых реактивно-всплывающих мин

Характеристики	Образец ММО			
	«Лира»	КРМ	РМ-1	РМ-2, РМ-2Г
Время создания	1947 – 1956	1947 – 1957	1956 – 1960	1963, 1965
Главный конструктор	Матвеев Л.П.	Лямин Б.К.	Матвеев Л.П.	Ботов А.Д.
Габариты L*D, мм	2855 / 630	3450 / 630	2855 / 630	3850 / 534
Масса / масса ВВ, кг	985 / 250	1300 / 300	900 / 200	860 / 200
Глубина постановки, м	10 – 250	40 – 100	40 – 300	40 – 600
Углубление, м	10 – 25	40 – 100	40 – 150	40 – 150
НВ, тип	3-канальный, акустический, конус	гидролокатор, конус; гидростатический	гидролокатор, конус; гидростатический	
Диаметр реагирования, м	20	20 (на 100 м)	20 (на 150 м)	20 (на 150 м)

6. Новейшие, перспективные разработки оружия требуют обоснованности ТТЗ Заказчика, наличия научно-технического и технологического задела, усилий, времени (КРМ, ПМР-1 – 9 лет), финансирования проверки разработанных узлов, механизмов, блоков на испытаниях, высокой организации и квалификации исполнителей.

Работы по созданию ПМР-1 шли полным ходом, а Совет министров СССР в соответствии согласованными решениями между ВМФ и МСП выпустил в 1963 г. два постановления о разработке в промышленности (НИИ-400):

- мины-торпеды «Лоцман» ПМТ-1 (18.12.1963, № 1328);
- мины-ракеты «Гонец» ПМР-2 (28.02.1963, № 246-86).

Главным конструктором мины-торпеды «Лоцман» был назначен Леонид Васильевич Власов (после его трагической гибели в 1966 г. – А.Д. Ботов), ГК мины-ракеты «Гонец» – Б.И. Соловьев (ОКБ завода им. Г.И. Петровского, г. Горький). В НИИ-400 работы проводились вначале в инициативном порядке группой под руководством Л.М. Вольфсона, а с 1965 г. ОКР был полностью передан в НИИ-400 с назначением

ГК Леона Мордуховича Вольфсона, ГК по НА – Игоря Никифоровича Юркевича.

Проведенные исследования показали, что увеличение опасной зоны по высоте возможно примерно в два раза, если применить капсулированный (из пусковой установки) способ старта ракеты, что перекрывало одним ярусом все глубины хода иностранных ПЛ (до 400 м) и увеличивало глубины постановки до 1000 м. В процессе работы решались и другие сложные научно-технические и технологические проблемы:

- обнаружение малошумных (по тем временам) ПЛ, определение элементов движения цели (курс, глубина хода), выработка элементов автоприцеливания, выдача в ракету направления на цель («благословенный крест»), азимутального угла, дистанции до цели, решение задачи по оптимизации траектории и подача команды на старт (опасная зона – сферический сектор в вершине 1600 радиусом 200 м);
- обеспечение движения ракеты на углублении на скорости 70 м/с;
- обеспечение старта ракеты из герметичного контейнера с открытием крышки пусковой установки и противодействи-



Группа по созданию мины-ракеты «Кальмар», 1971 г.
Первый ряд ряд в центре: И.А. КОМАРОВ (слева) Л.П. МАТВЕЕВ (справа)

ем до 40 кг/см²;

– обеспечения управления ракетой на траектории собственными рулями.

Кроме названных проблем, по мере поступления решались различные задачи: создание взрывателя кодированного взведения, антикоррозионная стойкость в трубе торпедного аппарата и на позиции, длительность нахождения в боеготовом состоянии на позиции и другие.

В 1970 г. противолодочная мина-ракета ПМР-2 успешно прошла государственные испытания и в 1971 г. была принята на вооружение ВМФ. Мина ПМР-2 про-

шла модернизацию в 1981 г. (ПМР-2М) и в 1986 г. (ПМР-2МУ).

За модернизацию образца – мины-ракеты ПМР-2МУ ГК Л.М. Вольфсон с группой был награжден премией Правительства РФ в области науки и техники. Группа по созданию ПМР-2МУ:

- Леон Мордухович Вольфсон;
- Рафаил Савельевич Жизмор;
- Григорий Борисович Коник;
- Николай Константинович Малеев;
- Станислав Гаврилович Прошкин;
- Борис Саулович Раер;
- Леонид Семенович Салов;



Л.М. ВОЛЬФСОН с супругой на 80-лети (2006 г.)

- Олег Николаевич Смолин;
- Юрий Иванович Смирнов;
- Петр Дмитриевич Сухопаров;
- Игорь Николаевич Юркевич.

Впоследствии в 1992 г. был разработан экспортный вариант ПМР-2Э – противолодочный минный комплекс ПМК-1.

В 1992 г. в НИИ «Гидроприбор» ГК Л.М. Вольфсоном был сдан на вооружение первый специализированный минно-ракетный противокорабельный комплекс МРПК-1, который обеспечивал поражение надводных кораблей с наведением в верхней полусфере. МРПК мог ставиться на глубинах 3500 м, на углублении до 180 м. НА, главными конструкторами которой были И.Н. Юркевич и Н.В. Шахов, обеспечивала обнаружение и наведение на цель на дистанции до 350 м.

ЛИТЕРАТУРА

1. История развития морских вооружений. Книга 2. История развития оружия ВМФ в период 1946 – 1986 гг. – М.: Воениздат, 1989. – 304 с.
2. Лямин Б.К., Михайлов В.А. Первая в мире морская реактивная мина. // Морской сборник. –1997. – № 3.
3. Гусев Р.А. Основания минерского ремесла. – СПб.: ООО «Издательско-полиграфическая компания «Коста», 2006. – 320 с.
4. Морское минное оружие: иллюстрированная энциклопедия. Книга 1. Морское минное оружие флота России / Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор», СПбГМТУ. – СПб.: Фонд содействия флоту «Отечество», 2007. – 368 с.

ВЫВОДЫ

Мы подробно изложили историю создания первой в мире мины-ракеты, основные трудности, проблемы, пути их решения. Подобные трудности возникали и будут возникать при разработке последующих поколений образцов оружия, поэтому опыт создателей морского подводного оружия нужно помнить и учитывать молодому перспективному поколению ученых и конструкторов.

Не только главные конструкторы, но и все участники создания мин-ракет достойны славы. Они не ремесленники, не участники клуба по интересам – они непревзойденные кузнецы оружия Победы, имена которых надо знать и помнить [4].

УДК 654.1

*д.т.н. В.Л. МАРТЫНОВ, М.В. ДМИТРИЕВ,
к.т.н. М.Б. СОЛОДОВНИЧЕНКО*

РАЗРАБОТКА ПОИСКОВЫХ СИСТЕМ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Вопросы проведения исследований для создания систем позиционирования подводных робототехнических комплексов, способных обеспечить их точное определение места, являются актуальными и востребованными. В статье раскрываются некоторые положения, обеспечивающие решение задач навигации с использованием лазерных технологий.

Область Земли, расположенная за Северным полярным кругом, обладает богатыми ресурсами природных ископаемых и углеводородов. Кроме этого, данная территория представляет большой интерес как важный рубеж для защиты и безопасности нашего государства, в котором Военно-морской флот (ВМФ) России способен эффективно противодействовать вероятному противнику. Через полюс проходят трассы межконтинентальных баллистических ракет, а дежурящие под полярными льдами стратегические ракетноносцы держат на прицеле 9/10 экономического потенциала планеты. Из ста двадцати городов-миллионников Земли более сотни находятся в Северном полушарии, и все они могут быть поражены из Арктики [1].

Именно этими причинами и вызвано стремление ряда государств упрочить и расширить своё присутствие в Арктике. В последнее время в сферу интересов «коллективного Запада» можно отнести и Северный морской путь. Реализация этого важнейшего государственного проекта упрочит поступательное движение Российской Федерации к возрождению.

Освоение северных территорий, проведение сейсморазведки на арктическом шельфе невозможны без современного подводного флота, оснащенного эффективной радиоэлектронной аппаратурой отечественного производства и морскими робототехническими комплексами, среди которых важная роль отводится автономным необитаемым подводным аппаратам

(АНПА). В настоящее время их разработкой занимаются десятки стран.

В создание подводных аппаратов внедряются высокие технологии, среди которых информационные, телекоммуникационные, нанотехнологии, альтернативная энергетика и другие. Они способны существенно повысить эффективность подводных роботов по сравнению с имеющимися аналогами. Например, благодаря нанотехнологиям стали доступны источники энергии высокой ёмкости небольших размеров по сравнению с существующими силовыми модулями [2].

Некоторые электрохимические источники энергии (например, топливные элементы) очень сложны, и поэтому им необходимы усовершенствованные вспомогательные системы и ячейки хранения топлива. Эти вспомогательные и топливные системы не обязательно масштабируются линейно относительно запаса энергии. Когда мы выбираем источники питания в зависимости от автономности АНПА, необходимо сделать предположение о размере аппарата, доли общего объема, выделяемого батареям, и схеме цикла питания. Размер аппарата сам по себе является важным параметром, так как доступная энергия на борту зависит от объема, тогда как мощность двигателя в целом зависит от полезной нагрузки. Это означает, что требования к автономности легче удовлетворить в больших транспортных средствах, чем в маленьких. Силовая нагрузка состоит из двигательной и полезной нагрузки (датчики и другие системы,

кроме двигательной установки). Силовая установка очень чувствительна к скорости транспортного средства (в третьей степени), что означает, что сложность разработки АНПА с номинальной скоростью выше 3-4 узлов обычно слишком велика [11]. Электрохимические источники энергии для АНПА можно разделить на четыре группы:

- стандартные батареи внутри баллонов под давлением и работающие при нормальном давлении;

- батареи с компенсацией давления, работающие при давлении окружающей среды, но электрически изолированные от морской воды;

- аккумуляторы морской воды;

- топливные элементы.

Все существующие аккумуляторы имеют свои достоинства и недостатки, такие как удельная электроёмкость, КПД, условия хранения и использования. В настоящее время наиболее используемыми источниками энергии являются аккумуляторы ряда литиевых [12]. Все названные источники энергии сильно ограничивают время автономной работы. Для повышения времени работы можно использовать радиоизотопные источники энергии.

Потенциально АНПА по силам решать практически любые задачи, возлагаемые на современные подводные лодки (ПЛ). Они способны нанести «удар возмездия», помогут вернуть РФ утраченные позиции в Мировом океане, собрать доказательную базу о принадлежности спорных территорий арктического шельфа России, обеспечат реализацию сетецентрического управления в глобальных и локальных военных операциях, станут не только главным инструментом в освоении морских природных ресурсов, но и источником интеллектуальной прибыли.

Концепция совершенствования подводного флота НАТО (в отличие от РФ) была тщательно продумана и организована. Проекты по созданию АНПА для научных исследований были интегрированы с проектами по обеспечению национальной

безопасности стран Североатлантического блока. Там началось серьёзных инвестиций в проектирование подводных роботов следует считать начало 1960-х годов. В дальнейшем были изобретены и внедрены в практику принципиально новые решения, позволяющие воплотить идею незаметных подводных аппаратов на совершенно новом технологическом уровне.

С помощью систем GPS и акустических маяков оказалось возможным реализовывать высокое качество позиционирования. Оснащение аппаратов современными средствами навигации, связи, светотехники, оптико-телевизионными системами радикально изменило их функциональные возможности и облик. Низкий уровень физических полей, простота в обслуживании, способность самостоятельно, в соответствии с разработанными программами находить, идентифицировать и уничтожать цели – весь этот набор появился у подводных роботов совсем недавно.

Поэтому нынешний интерес к АНПА во всем мире вполне оправдан. Здравый смысл подсказывает, что подводные роботы, управляемые по программе, в состоянии решить самые сложные задачи без риска потери личного состава. Их и создавать дешевле, и эксплуатировать безопаснее, чем подводные лодки.

АНПА и ПЛ-носитель формируют единую систему, что дает возможность разделить так называемую глобальную, основную задачу похода на ряд локальных. При этом носитель обеспечивает функции доставки подводного робота в заданный район и его дальнейшую боевую и информационную поддержку, а АНПА при выполнении задания функционирует автономно. Такое разделение обеспечивает своеобразное дублирование, повышающее живучесть единой системы, так как ПЛ-носитель в состоянии заменить подводного робота при возникновении нештатных ситуаций.

Модульность при проектировании АНПА обеспечивает его оперативную гибкость и позволяет сократить затраты на

производство, а также текущие расходы в процессе выполнения тренировочных и боевых операций. Модульность систем позволяет также увеличивать длительность службы АНПА и более эффективно использовать его ресурсы.

С учётом несомненных преимуществ проектирования АНПА на модульной основе, полученных за рубежом, в РФ также целесообразно разрабатывать АНПА не по классическому варианту, связанному с наличием изолированных отсеков. Следует отметить, что наличие широкой номенклатуры взаимозаменяемых сменных модулей позволит оперативно приспособить подводные роботы к выполнению поставленного задания под водой. Модули могут конфигурироваться под конкретные задачи прямо на борту носителя. Работы по их замене выполняются в самые краткие сроки.

С учётом сказанного выше не вызывает сомнений, что наряду с военной составляющей применения робототехники существует ещё одна – освоение арктического шельфа. В её актуальности и востребованности не приходится сомневаться. «Мы обязаны продолжать исследование Арктики. Если мы этого делать не будем, там будут хозяйничать другие страны», – отмечал премьер-министр Д.А. Медведев.

Анализ потенциальных возможностей подводных роботов показывает, что эффективное освоение ресурсов Арктики невозможно без их прямого участия. АНПА дают возможность исследовать континентальный шельф для разработки месторождений нефти и газа, добычи других полезных ископаемых, разведки рыбопромысловых районов. И это далеко не всё. Робототехника обеспечит сбор неопровержимой доказательной базы того факта, что грунт на хребте Ломоносова и поднятии Менделеева той же породы, что и континентальный шельф, а значит, эти хребты являются продолжением континентальной части России.

Для сбора доказательной базы необходимо иметь современную подводную

робототехнику, оснащённую системой информационного освещения подводной обстановки в составе дополняющих друг друга поисковых средств, функционирующих в различных физических полях. Работа подводных роботов должна поддерживаться носителями подводного и надводного классов, способных работать в Арктическом бассейне, для обеспечения процесса непрерывности в сборе доказательной базы на больших площадях.

Сказанное означает следующее.

1. АНПА должны быть оснащены современной научной аппаратурой, которая позволит комплексно исследовать и собрать взаимодополняющие подробные данные о донной поверхности, структуре верхних слоев и профиле океанского дна для сбора доказательной базы на спорной территории арктического континентального шельфа.

2. На корабли сопровождения и технической поддержки (подводные и надводные) ложится задача обеспечить длительную функционирование подводных аппаратов для осуществления процесса непрерывности при проведении ими исследовательских работ. Это объясняется тем, что точечное зондирование не предоставляет всего спектра необходимых данных для изучения характеристик морского дна (batimетрических, физических, геоморфологических).

Организация сбора данных о шельфе должна исходить из того, что одним из основных направлений исследования Мирового океана является [3] создание технологий комплексного обследования обширных участков морского дна. Одновременное синхронное исследование донной поверхности континентального шельфа и структуры его вертикального разреза аппаратурой, функционирующей в различных физических полях, устранил неоднозначность в интерпретации полученных данных. Это достигается не только сопоставлением результатов измерений, но и навигационной привязкой ко времени и месту исследовательских работ, а также непрерывной те-

левизионной регистрацией процесса сбора данных.

Сказанное означает, что для оснащения подводных роботов техническими средствами сбора данных о шельфе следует применять:

- гидроакустические системы, в том числе с применением методов нелинейной акустики, реализуемых с помощью параметрических антенн;
- телевизионно-оптические средства для визуализации района сбора данных;
- навигационные системы;
- лазерные телевизионные системы, обеспечивающие функционирование канала связи между подводными аппаратами и кораблями обеспечения.

Основная роль здесь принадлежит гидроакустическим системам. Дистанционное исследование толщ дна обеспечивается параметрическими профилографами – гидроакустическими системами с параметрическими антеннами. Профилографы позволяют точно построить профиль дна, идентифицировать слои скальных пород, залегающие под дном моря, осуществлять поиск полезных ископаемых на шельфе, проводить точные подводные измерения [4].

Принцип действия нелинейной (параметрической) антенны основан на свойстве интенсивных волн взаимодействовать между собой. Из-за нелинейного взаимодействия двух волн с различными частотами выделяется низкочастотный сигнал модуляции, который, слабо затухая, не только может распространяться под водой на значительные расстояния, но и, будучи направленным с носителя к поверхности дна, способен проникать глубоко в грунт. Такой сигнал передается узконаправленным пучком, что важно по целому ряду показателей, среди которых следует выделить:

- сведение к минимуму реверберационной помехи от поверхности моря и от дна, что обеспечивается сочетанием в параметрических антеннах узкой диаграммы направленности с отсутствием боковых лепестков;

– высокую разрешающую способность по углу и по дальности;

- помехоустойчивость за счет увеличения отношения «сигнал/помеха»;
- малые весогабаритные характеристики параметрических профилографов.

Следует обратить внимание на ценное свойство широкополосности параметрических антенн, которое может быть с успехом реализовано в активной локации. Широкополосный режим излучения в нелинейной акустике дает возможность, во-первых, реализовать излучение сложных модулированных сигналов с большой базой, и, во-вторых, излучать короткие высокочастотные импульсы. Указанные возможности резко повышают объем информации о лоцируемом объекте и уменьшают «мертвую зону». Кроме того, широкая полоса рабочих частот параметрических антенн позволяет реализовать под водой звуководную связь и передавать телеметрическую информацию.

Для эффективного исследования континентального шельфа наряду с параметрическими профилографами АНПА следует оснащать также интерферометрическими гидролокаторами бокового обзора (ИГБО) – перспективным средством изучения рельефа дна [5], обладающим рядом преимуществ:

- ИГБО позволяет производить съёмку рельефа дна в существенно большей полосе по фронту, чем многолучевой эхолот (МЛЭ), что снижает время её проведения;
- детальность съёмки при использовании ИГБО гораздо выше;
- ИГБО по конструкции намного проще многолучевого эхолота, а значит, обладает лучшими параметрами по надёжности и массогабаритным характеристикам.

В сборе доказательной базы о спорной территории арктического шельфа важная роль принадлежит лазерным системам подводного видения (ЛСПВ). Возможности ЛСПВ базируются на таких свойствах формируемого лазерного пучка, как его направленность, когерентность, малая расходимость (даже в водной среде) и силь-

ная концентрация световой энергии в пространстве. Лазерный луч является самым ёмким носителем информации и в этой роли – принципиально новым средством её обработки и передачи в воде. Плотность энергии лазерных излучателей обеспечивает возможность передачи и приёма в гидросфере данных по лазерному лучу на расстоянии, не достижимым современными подводными телевизионными системами [6]. Такими данными могут быть видеосюжеты, сигналы управления, координаты взаимодействующих кораблей, гидрооптические и гидрофизические параметры водной среды, измеренные датчиками подводных роботов, и так далее. ЛСПВ способны осуществить бесконтактное информационное взаимодействие между двумя и более разнесёнными в пространстве их носителями, формируя с помощью лазерного пучка

канал передачи информации, который, по мнению авторов, можно назвать беспроводным оптическим каналом связи.

Сбор доказательной базы по шельфу невозможен без позиционирования подводного робота на глубине. Точное определение его места в толще воды, получение обсервованных координат – задача чрезвычайно сложная, требующая совместного участия в данном процессе кораблей обеспечения и подводных аппаратов, согласованного взаимодействия размещаемых на их борту радиоэлектронных средств, среди которых перечисленные выше средства гидроакустики, ЛСПВ, телевидения, навигации и компьютерной техники.

Решение задачи позиционирования подводных аппаратов в толще воды авторы предлагают осуществить в соответствии с рисунком 1.

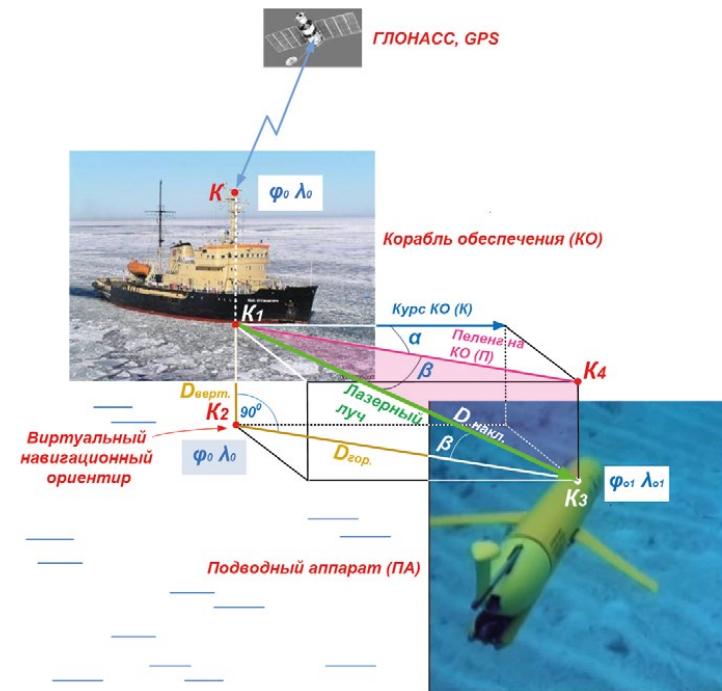


Рисунок 1 – Позиционирование подводного аппарата на глубине

Здесь представлено взаимное расположение обеспечивающего судна и подводного робота, находящегося на глубине. На рисунке введены следующие обозначения:

$D_{накл.}$ – наклонная дальность между кораблём обеспечения (КО) и подводным аппаратом (ПА);

$D_{гор.}$ – горизонтальная дальность между КО и ПА;

$D_{верт.}$ – вертикальная дальность между КО и горизонтом нахождения ПА;

K – курс КО;

P – пеленг на КО;

α – курсовой угол на ПА;

β – угол места на ПА;

$(\varphi_0; \lambda_0)$ – географические координаты КО;

$(\varphi_{01}; \lambda_{01})$ – географические координаты ПА.

Точка К показывает местонахождение антенны для приёма сигналов ГЛОНАСС (либо GPS). Её координаты $(\varphi_0; \lambda_0)$ являются координатами КО. Эти же координаты имеет и точка K_2 , образованная вертикальной линией, выходящей из точки К до пересечения с горизонтальной плоскостью – плоскостью нахождения ПА. Таким образом, исходя из представленных построений, в одной плоскости с ПА всегда будет находиться точка K_2 с координатами обеспечивающего судна.

Понятно, что точка K_2 существует только на рисунке. Тем не менее это ключевое звено, так как её координаты всегда известны и точны. Она априори является тем виртуальным навигационным ориентиром на глубине, относительно которого программно будет решаться задача позиционирования ПА в толще воды. Её решение будет базироваться на получении данных о пространственных координатах робота относительно обеспечивающего судна. Среди них:

$D_{накл.}$ – наклонная дальность между КО и ПА;

α – курсовой угол на ПА;

β – угол места на ПА.

Эти параметры определяются гидро-

локатором секторного обзора КО.

Чтобы упростить дальнейшие рассуждения, условимся, что гидролокатор секторного обзора КО в соответствии с рисунком 1 установлен в точке K_1 , хотя это и не существенно. Место размещения приёмного устройства на ПА обозначено точкой K_3 . Точка K_4 является составной частью отрезка K_1K_4 , определяющего горизонтальную дальность между КО и ПА на водной поверхности.

Параметр α обеспечивает определение обратного пеленга с подводного робота на обеспечивающее судно.

Параметры $D_{накл.}$ и β дают возможность вычислить горизонтальную дальность $D_{гор.}$ между ПА и виртуальным ориентиром – точкой K_2 . Именно для этого потребовалось осуществить переход на горизонт нахождения подводного робота.

Теперь имеются все данные, требующиеся для решения задачи определения координат ПА $(\varphi_{01}; \lambda_{01})$ по пеленгу и дистанции $D_{гор.}$ до навигационного ориентира – точки K_2 . Задача решается программно на КО.

Полученные координаты транслируются в водной среде по каналу связи, образованному системой корабельных технических средств и средой распространения сигнала для передачи сообщений от источника (КО) к получателю (ПА). Достигнув получателя, они обеспечат возможность подводному роботу программно позиционировать своё местоположение на глубине его бортовым компьютером.

Структурная схема передачи информации по гидрооптическому каналу связи с обеспечивающего судна на подводный робот представлена на рисунке 2.

На схеме показано, что лазерное излучение модулируется данными, обеспечивающими точное позиционирование подводного робота в толще воды. Необходимо отметить, что информация «Дата/время», которая в числе прочих замешивается в световой пучок, обеспечивает синхронизацию, то есть привязку по времени, всех информационных процессов на обеспечивающем

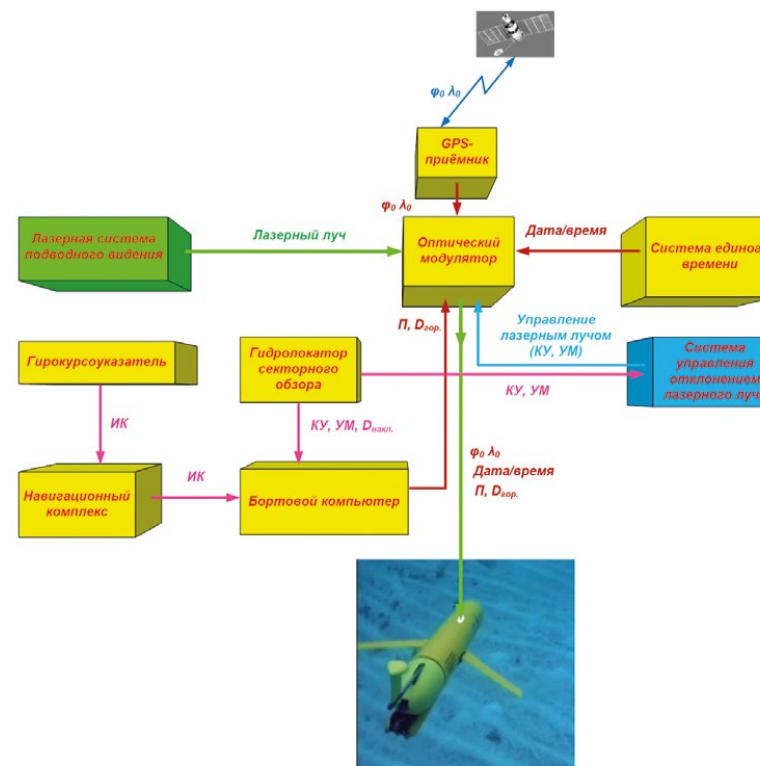


Рисунок 2 – Структурная схема передачи информации по гидрооптическому каналу связи

судне и ПА.

Система управления отклонением лазерного луча обеспечивает его наведение на подводный робот по данным, получаемым от гидролокатора секторного обзора.

Здесь:

IK – истинный курс;

$KУ$ – курсовой угол;

$УМ$ – угол места;

P – пеленг;

$D_{гор.}$ – горизонтальная дальность.

Значения курсового угла и угла места ПА относительно обеспечивающего судна выдаются в систему управления отклонением лазерного луча, обеспечивающую наведение модулированного информационного лазерного луча на подводный робот. Авто-

матическое сопровождение робота гидролокатором даёт возможность непрерывно транслировать ему по гидрооптическому каналу информацию, требуемую для позиционирования [7].

Практическая реализация предложенного способа позволит гарантированно позиционировать ПА на любых рабочих глубинах, обеспечив экономию государственных средств на разработку дорогостоящего навигационного оборудования для подводных роботов. При этом, исходя из опыта эксплуатации автономного не обитаемого подводного аппарата (АНПА) «Клаксин-1Р», вовсе не следует, что такое оборудование нивелирует невязку подводного робота.

Это подтверждается, например, испытаниями АНПА «Клавесин-1Р», во время которых отмечалось, что «в течение 22 часов суммарная нескорректированная ошибка бортовой навигационной системы, определённая как расхождение координат точки всплытия, численных бортовой навигационной системой, и координат, полученных при обсервации GPS, составила 1370 м, или около 60 м на час. Такова накопленная ошибка счисления АНПА «Клавесин-1Р» [8].

Как следует из рисунков 1 и 2, для пе-

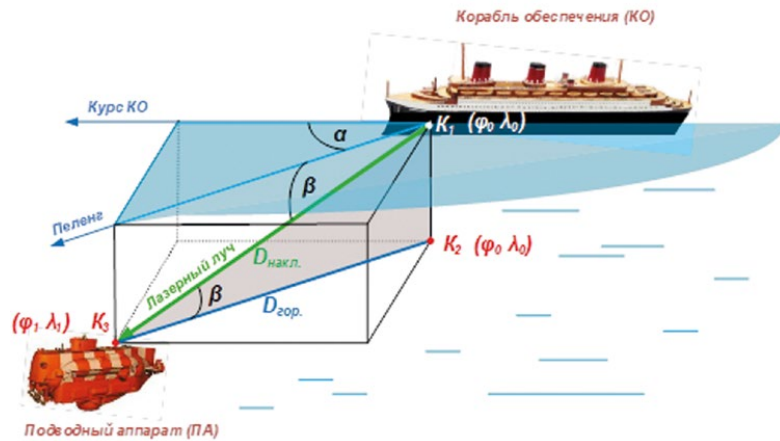


Рисунок 3 – Positionирование подводного робота в толще воды

Здесь в точке K_1 размещены акустическая антенна гидролокатора секторного обзора и ЛСПВ. Точка K_2 обозначает местонахождение виртуального навигационного ориентира. Её координаты (φ_1, λ_1) соответствуют координатам обеспечивающего судна. Наклонная дальность между КО и ПА обозначена как $D_{накл.}$ Символы α и β характеризуют, соответственно, курсовой угол и угол места с обеспечивающего судна на подводный объект. Горизонтальная дальность между двумя кораблями представлена на отрезком $D_{гор.}$

Альтернативой оптическому каналу является канал гидроакустический. Это, безусловно, самый простой и дешевый способ беспроводной подводной связи, ко-

редачи координат предлагается реализовать гидрооптический канал, то есть лазерный луч. Его использование обеспечит скрытность, отсутствие воздействия электромагнитного поля в виде наводок, поражающих полезный сигнал, высокую информационную ёмкость и скорость передачи.

В общем виде идея позиционирования ПА в толще воды, реализуемая с помощью канала передачи информации по лазерному лучу, представлена на рисунке 3.

торый обеспечивает дистанцию связи в несколько десятков километров [9].

ВЫВОДЫ

Предложенная методология создания поисковых систем может быть реализована не только для исследования арктического шельфа, но и для повышения обороноспособности вооружённых сил в зоне государственных интересов РФ. Она позволит успешно решить многие задачи, главными среди которых являются:

- обеспечить реализацию национальных интересов РФ в Мировом океане;
- завоевать лидирующие позиции РФ на формирующихся рынках глубоководной

техники, в разработке лазерных и информационных технологий;

- решить комплекс задач освоения дна и придонного пространства арктического шельфа;
- обеспечить сбор доказательной базы по спорным территориям арктического шельфа;

- позиционировать подводный робот в толще воды;
- обеспечить безопасность личного состава при обследовании на глубине взрывоопасных веществ и радиоактивных объектов;
- противодействовать морскому терроризму [10].

ЛИТЕРАТУРА

1. Крамник И. Холодный мир. // Строим флот сильной страны. – № 4(8) – 2011.
2. Мартынов В.Л. Роль подводных роботов в освоении арктического шельфа. // Точно в цель. – № 1(017). – 2019. – С. 42-45.
3. Евтюгов А.П. Справочник по гидроакустике. – Л.: Судостроение, 1988.
4. Векслер Н.Д. Информационные проблемы гидроупругости. – Таллин: Валгус, ИК АН ЭССР, 1982.
5. Матвиенко Ю.В., Воронин В.А., Тарасов С.П., Скняря А.В., Тутунин Е.В. Пути совершенствования гидроакустических технологий обследования морского дна с использованием автономных необитаемых подводных аппаратов. // Подводные исследования и робототехника. – № 2(8). – 2009.
6. Martynov V., Stoyanova T., Golosnoi A. Hydrooptics for ecological monitoring of Black Sea. // Int. Conf. History and Technology at Black Sea: Ovidius University of Constanta, Romania, 12-13.09.2014. – P. 98-102.
7. Роберт Дж. Урик. Основы гидроакустики. – М.: Судостроение, 1978.
8. Инзарцев А.В., Каморный А.В., Львов О.Ю., Матвиенко Ю.В., Рылов. Н.И. Применение автономного необитаемого подводного аппарата для научных исследований в Арктике. // Подводные исследования и робототехника. – № 2(4). – 2007.
9. Мэтсавээр Я.А., Векслер Н.Д., Стулов А.С. Дифракция акустических импульсов на упругих телах. – М.: Наука, 1979.
10. Мартынов В.Л. АНПА в борьбе с морским терроризмом. // Вопросы оборонной техники. – Серия 16, выпуск 1-2. – М., 2011.
11. Abu Sharkh S.M., Griggiths G. Energy Storage Systems for Unmanned Underwater Vehicles // Journal of the Society for Underwater Technology. – Vol. 25. – 2003. – № 3. – p. 143-148.
12. Storkersen N., Hasvold O. Power Sources for AUVs. // Science and Defence Conf. – Brest, France, 19.10.2004.

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ПОДАВЛЕНИЯ РЕВЕРБЕРАЦИОННОЙ ПОМЕХИ ПРИ СОГЛАСОВАННОЙ ОБРАБОТКЕ СИГНАЛОВ

Представлена оценка степени подавления реверберационной помехи в гидроакустических средствах, содержащих тракты согласованной обработки сигналов. Рассмотрены сигналы с прямоугольной, \cos и \cos^2 огибающими. Приведены результаты расчета коэффициента подавления реверберационной помехи от величины доплеровского смещения частоты эхо-сигнала, вызванного движением подводной цели.

$$K_p = \frac{\int_{\omega_0 - \frac{\Delta\omega_\phi}{2}}^{\omega_0 + \frac{\Delta\omega_\phi}{2}} S^2(\omega - \omega_0) d\omega}{\int_{\omega_c - \frac{\Delta\omega_\phi}{2}}^{\omega_c + \frac{\Delta\omega_\phi}{2}} S^2(\omega - \omega_0) d\omega}, \quad (2)$$

где K_p – коэффициент подавления реверберационной помехи; $S(\omega - \omega_0)$ – спектр огибающей реверберации (сигнала).

$$\omega_c = \omega_0 \pm \omega_d \quad (3)$$

где $\Delta\omega_d$ – доплеровский сдвиг частоты эхо-сигнала.

Для упрощения проведения расчетов по выражению (2) и дальнейшего использования их результатов для оценки помехоустойчивости различных типов трактов пространственно-временной обработки целесообразно представить $\Delta\omega_d$ величиной, кратной полосе пропускания фильтра $\Delta\omega_\phi$, а именно:

$$\Delta\omega_d = n\Delta\omega_\phi = n\frac{2\pi}{\tau}, \quad (4)$$

где n – номер фильтра, $n \geq 0$.

С учетом соотношений (1), (3) и (4) выражение (2) может быть представлено в виде:

$$K_p(n) = \frac{\int_{\omega_0 - \frac{\pi}{\tau}}^{\omega_0 + \frac{\pi}{\tau}} S^2(\omega - \omega_0) d\omega}{\int_{\omega_0 + \frac{(2n+1)\pi}{2}}^{\omega_0 + \frac{(2n-1)\pi}{2}} S^2(\omega - \omega_0) d\omega}, \quad (5)$$

где $\Delta\omega_\phi$ – ширина полосы фильтра; τ – длительность зондирующей посылки.

Исследование проведем для случая неподвижной приемно-излучающей системы и движущейся подводной цели. Будем полагать, что спектры реверберации и сигнала идентичны, а последний также не претерпевает искажений при распространении в морской среде.

В качестве оценочного критерия, характеризующего степень подавления реверберационной помехи за счет доплеровского смещения частоты эхо-сигнала цели, примем отношение энергий реверберационной помехи на выходах каналов фильтрации, настроенных соответственно на частоту излучаемого импульса ω_0 и эхо-сигнала ω_c :

Выражение (5) записано для случая положительного доплеровского смещения частоты эхо-сигнала цели. При отрицательном доплеровском смещении пределы интегрирования функции $S^2(\omega - \omega_0)$ в знаменателе выражения (5) будут иметь вид: верхний предел –

$$\omega_0 - \frac{(2n+1)\pi}{2}, \text{ нижний} - \omega_0 - \frac{(2n-1)\pi}{2}.$$

Коэффициент K_p также может быть представлен в зависимости от скорости цели $K_p(V_u)$ при использовании известного соотношения:

$$\Delta\omega_d = \frac{4\pi V_u f_0}{c}, \quad (6)$$

где V_u – скорость цели; f_0 – частота (линейное значение) зондирующей посылки;

c – скорость звука в воде.

С учетом (4), (6) скорость цели, соответствующая заданному значению доплеровского сдвига частоты эхо-сигнала, равна:

$$V_u = n \frac{c_0}{2f_0\tau}. \quad (7)$$

По выражению (5) были произведены расчеты $K_p(n)$ для трех видов огибающей тонального сигнала: прямоугольной, \cos и \cos^2 . В таблице 1 для указанных типов сигналов представлены спектры огибаю-

Таблица 1 – Характеристики сигналов с различными видами огибающей

Вид огибающей сигнала	прямоугольная	cos	cos ²
Спектр огибающей S(ω-ω ₀)	$2U_0 \frac{\sin\left(\frac{\omega - \omega_0}{2} t\right)}{\left(\frac{\omega - \omega_0}{2} t\right)}$	$\frac{4U_0 t}{\pi} \frac{\cos\left(\frac{\omega - \omega_0}{2} t\right)}{1 - \left(\frac{\omega - \omega_0}{2} t\right)^2}$	$\frac{U_0 t \sin\left(\frac{\omega - \omega_0}{4} t\right) \cos\left(\frac{\omega - \omega_0}{4} t\right)}{\left(\frac{\omega - \omega_0}{4} t\right) \left[1 - \left(\frac{\omega - \omega_0}{2\pi} t\right)^2\right]}$
	U ₀ – амплитуда сигнала; ω ₀ = 2πf ₀ , где f ₀ – частота зондирующей посылки; t – средняя ширина импульса.		
Энергия сигнала на выходе n-го фильтра	$\frac{4\tau}{\pi} \int_{x_1}^{x_2} \frac{\sin^2 x}{x^2} dx$	$\frac{16\tau}{\pi^3} \int_{x_1}^{x_2} \frac{\cos^2 x}{\left[1 - \left(\frac{2x}{\pi}\right)^2\right]^2} dx$	$\frac{2\tau}{\pi} \int_{y_1}^{y_2} \frac{\sin^2 y \cos^2 y}{y^2 \left[1 - \left(\frac{2y}{\pi}\right)^2\right]^2} dy$
	$x = \frac{\omega - \omega_0}{2} \tau;$		$y = \frac{\omega - \omega_0}{4} \tau$
	τ – длительность зондирующей посылки.		
Пределы интегрирования для n-го фильтра	$x_1 = (2n-1)\frac{\pi}{2};$ $x_2 = (2n+1)\frac{\pi}{2};$ $n = \frac{\Delta\omega_d}{\Delta\omega_\phi}.$		$y_1 = (2n-1)\frac{\pi}{4};$ $y_2 = (2n+1)\frac{\pi}{4}.$

щих, согласно [1], а также выражения для энергии сигналов в полосе согласованного фильтра. Выражения даны в удобной для проведения расчетов форме.

Таблица 2 – Коэффициенты подавления реверберации, дБ

$n = \frac{\Delta\omega_a}{\Delta\omega_0}$	Виды огибающих		
	прямоугольная	cos	cos ²
0	0	0	0
1	9,9	6,7	4,8
2	17,4	25,4	23,6
3	21,2	33,6	38,6
4	23,8	38,3	47,2
5	25,7	42,2	53,6
6	27,4	45,4	58,6
7	28,7	48,1	62,8
8	29,9	50,5	66,4
9	30,9	52,5	69,5
10	31,8	54,4	72,3
11	32,7	56,0	74,8
12	33,4	57,5	77,1
13	34,1	58,9	79,2
14	35,4	60,2	81,2
15	35,8	61,4	83,0
16	35,9	62,6	84,7
17	36,4	63,6	86,3
18	36,9	64,6	87,8
19	37,4	65,5	89,2
20	37,9	66,4	90,5

Как видно из таблицы 2, при $n \geq 2$ наиболее эффективны для подавления реверберационной помехи сигналы с \cos и \cos^2 огибающими. Так, при доплеровских сдвигах частоты эхо-сигнала цели $\omega_0 = 5\omega_\phi$ ($n=5$) превышение коэффициента K_p для сигнала с \cos огибающей по сравнению с прямоугольной огибающей составляет порядка ~16 дБ, а с \cos^2 огибающей – ~28 дБ. Это свидетельствует о возможности повышения помехоустойчивости трактов обработки, использующих эти типы сигналов, при работе гидроакустических средств в условиях преобладающих реверберационных помех, например при работе средств

В таблице 2 приведены расчетные значения коэффициента подавления реверберации $K_p(n)$ в децибелах.

в мелководных районах. Однако следует иметь в виду, что применение сигналов с формой огибающей, отличной от прямоугольной, приводит к уменьшению энергии сигнала в полосе согласованного фильтра заданной ширины, которое следует учитывать при расчете выходного отношения сигнал/помеха. Как показывает анализ, оно составляет порядка 3,5 дБ в случае \cos огибающей и порядка 5,2 дБ – в случае с \cos^2 . Подобное обстоятельство может оказаться важным при выборе типа зондирующего сигнала по критерию «отношение сигнал/помеха» в различных сигнально-помеховых ситуациях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скучик Е. Основы акустики. – М.: Иностранная литература, 1958.

УДК 623-1/-8

В.В. ПАТРУШЕВ, д.т.н. Н.А. КУДРЯВЦЕВ,
Д.М. АГЕЕВ, А.А. БЕЛИКОВ, А.В. ЖАЛНИН,
А.П. КИТАЕВИЧ, В.А. МОЙСА, М.П. ПЕТРОВ

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ МОРСКОГО ПОДВОДНОГО ОРУЖИЯ

В статье представлен обзор источников энергии, комплектующих морское подводное оружие электрического типа, производимое АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор». Анализируется их современное состояние и целесообразность замены на более современные источники электроэнергии.

ВВЕДЕНИЕ

В морском подводном оружии в основном используются либо химические источники электрической энергии, либо тепловые источники энергии на основе окисления химического топлива.

Применение электрических источников энергии определяет ряд важных преимуществ в характеристиках морского подводного оружия электрического типа по сравнению с морским подводным оружием теплового типа, а именно:

- относительная простота электрической силовой установки;
- меньшая стоимость изделий с электрической силовой установкой;
- независимость эффективности силовой установки от глубины погружения оружия;
- меньшая шумность;
- более дешевая эксплуатация;
- безопасность хранения.

Данные обстоятельства способствовали более широкому применению морского подводного оружия с силовой установкой электрического типа по сравнению с силовой установкой теплового типа. В настоящей статье рассматриваются источники энергии только для морского подводного оружия и вооружения с силовой установкой электрического типа, подразделяемого на следующие виды:

- торпедное оружие;

– средства гидроакустического противодействия;

– минное оружие;

– необитаемые подводные аппараты.

При рассмотрении источников электрической энергии они подразделяются на батареи одноразового действия (БОД) и аккумуляторные батареи (АБ) многократного действия.

По каждому виду морского подводного оружия, серийно изготавливаемого и разрабатываемого АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор» (далее – Концерн), приводится обзор применяемых источников электрической энергии, а также анализ целесообразности их замены на более современные источники энергии.

ТОРПЕДНОЕ ОРУЖИЕ

Торпедное оружие является основным и наиболее эффективным средством борьбы с подводными лодками и надводными кораблями [1]. Торпедное оружие – вид морского подводного оружия, созданного во второй половине XIX века. Фактически это первый в мире вид автоматического оружия, послужившего основой для изменения тактики ведения военно-морских операций и возникновения новых классификационных типов боевых кораблей.

Источники электропитания электрического торпедного оружия калибра 533 мм, производимого и разрабатываемого Концерном, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Источники электропитания торпедного оружия калибра 533 мм

Источник электропитания	Назначение	Производитель
БОД типа «ММ»	Основное	АО «Уралэлемент», г. Верхний Уфалей
АБ 234СЦ-110К-1 АБ 259СЦ-110К-1	Практическое	АО «Электроисточник», г. Саратов
АБ 336 ICR50/320-01	Практическое	АО «Уралэлемент», г. Верхний Уфалей
БОД 26НКМ-5	Стартовая	АО «НИИХИТ», г. Саратов
БОД 11НКМ-1Б	Питание датчика аварийной заливки	

Для торпедного оружия характеристики водоактивируемых медно-магние-вых (CuCl-Mg) БОД типа «ММ» в данной статье не приводятся, т.к. носят закрытый характер.

Характеристики серебряно-цинковых (AgO-Zn) АБ, применяемых в практических (учебных) изделиях, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики серебряно-цинковых АБ

Характеристика	234СЦ-110К-1 (режимы 1 / 2)	259СЦ-110К-1	Внешний вид аккумуляторов СЦ-110К-1
Номинальное напряжение, В	140 / 100	153	
Ток разряда, А	1700 / 1200	1740	
Время работы, не менее, с	470 / 960	450	
Рабочая температура / температура хранения, °С	-4 – +35 / -40 – +50		
Срок хранения в сухом состоянии, лет	5		
Срок хранения в залитом состоянии, мес.	6		

Для перспективной замены серебряно-цинковых АБ в АО «Верхнеуфалейский завод «Уралэлемент» (далее – АО «Уралэлемент») выполнена разработка литий-

ионной (Li-ion) АБ 336 ICR50/320-01 [2]. Характеристики данной АБ представлены в таблице 3.


Таблица 3 – Характеристики литий-ионной АБ 336 ICR50/320-01

Характеристика	Значение (режимы 1 / 2)	Внешний вид
Номинальное напряжение, В	147 / 100	
Ток разряда, А	1700 / 1200	
Время работы, не менее, с	470 / 960	
Рабочая температура / температура хранения, °С	-4 – +40 / -50 – +50	
Срок хранения, лет	6	

Для питания аппаратуры в торпедном оружии применяются БОД на основе никель-кадмиевых (Ni-Cd) аккумуляторов

типа «НКМ» производства АО «НИИХИТ» [3]. Характеристики данных БОД представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристики никель-кадмиевых БОД типа «НКМ»

Характеристика	26НКМ-5	11НКМ-1Б	Внешний вид 26НКМ-5 и 11НКМ-1Б
Номинальная емкость, Ач	5,0	1,0	
Напряжение разряда, В	24,0 – 31,0	10,2 – 14,4	
Максимальный ток разряда непрерывный/импульсный, А	25,0 / 31,0	0,1 / 9,0	
Рабочая температура / температура хранения, °С	-5 – +35 / -35 – +45		
Срок гарантии, лет	12,0	11,5	
Масса, кг	8,0	0,7	
Габаритные размеры, мм	244×165×146	143× 81× 32	

СРЕДСТВА ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ

Гидроакустическое противодействие (ГПД) – комплекс мероприятий, направленных на снижение эффективности применения противником гидроакустических средств наблюдения и самонаведения оружия; составная часть радиоэлектронного подавления. Осуществляется путем созда-

ния помех, препятствующих установлению гидроакустического контакта с надводными (подводными) объектами. Проводится в сочетании с мерами гидроакустической маскировки.

Перечень источников электропитания для средств ГПД, производимых и разрабатываемых в Концерне, представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Источники электропитания средств ГПД

Средство ГПД	Источник питания	Назначение	Производитель
«МГ-74-МЭ»	БОД Б55ММ	Основное	АО «Уралэлемент», г. Верхний Уфалей
	АБ 174СЦ-80К-1	Практическое	АО «Электроисточник», г. Саратов
	БОД 26НКМ-5	Стартовая	АО «НИИХИТ», г. Саратов
	БОД 11НКМ-1Б	Питание датчика аварийной заливки	
«Бериллий»	БОД Б75ММ	Основное	АО «Уралэлемент», г. Верхний Уфалей
	АБ 200СЦ-80К-1	Практическое	АО «НИИХИТ», г. Саратов
	БОД 26НКМ-5	Стартовая	АО «НИИХИТ», г. Саратов
«Удар»	БОД 24НКМ-20	Основное	АО «НИИХИТ», г. Саратов
	АБ 8ЛИКГП-10	Практическое	АО «АК «Ригель», Санкт-Петербург
	АБ RT-LPF-600-24В	Питание системы регистрации	ООО «Радиотех», Санкт-Петербург
«Оплот»	БОД 26НКМ-1	Основное	АО «НИИХИТ», г. Саратов
	БОД 11НКМ-1	Питание аппаратуры	
«Бурак» (проект)	БОД «Бурак-ИТ1»	Основное	АО «НПК «Альтэн», г. Электроугли
	БОД 26НКМ-1	Питание аппаратуры	АО «НИИХИТ», г. Саратов

Характеристики водоактивируемых батарей одноразового действия типа «ММ» производства АО «Уралэлемент» основного применения и серебряно-цинковых аккумуляторных батарей производства АО «Электроисточник» практического применения для средств ГПД «МГ-74-МЭ» и «Бериллий» приведены в таблицах 6 и 7 соответственно.

Поставщиком никель-кадмиевых

БОД типа «НКМ» для всех вышеперечисленных средств ГПД является АО «НИИХИТ» [3]. Основные характеристики БОД 26НКМ-56 и 11НКМ-1Б, поставляемых как для торпедного оружия, так и для средств ГПД, представлены выше в таблице 4. В таблице 8 представлены основные характеристики БОД, поставляемых только для средств ГПД, а именно 11НКМ-1, 26НКМ-1 и 24НКМ-20.

Таблица 6 – Характеристики водоактивируемых медно-магниевых БОД


Характеристика	Б55ММ	Б75ММ	Внешний вид 
Номинальное напряжение, В	102-105 – 60-64	138 – 30	
Ток разряда, А	500 – 333	500 – 120	
Время работы, не менее, с	840 – 2640	600 – 7200	
Рабочая температура / температура хранения, °С	-2 – +36 / -40 – +40	-4 – +35 / -40 – +40	
Срок хранения, лет	12	10	

Таблица 7 – Характеристики серебряно-цинковых АБ



Характеристика	174СЦ-80К-1	200СЦ-80К-1	Внешний вид аккумуляторов СЦ-80К-1 
Номинальное напряжение, В	121 – 68	150 – 32	
Ток разряда, А	475 – 320	500 – 120	
Время работы, не менее, с	600 – 1800	576 – 7200	
Рабочая температура / температура хранения, °С	-4 – +35 / -40 – +50		
Срок хранения в сухом состоянии, лет	5		
Срок хранения в залитом состоянии, мес.	8		

Таблица 8 – Характеристики никель-кадмиевых БОД типа «НКМ»

Характеристика	24НКМ-20	26НКМ-1	11НКМ-1	Внешний вид 
Номинальная емкость, Ач	20,0	1,0	1,0	
Напряжение разряда, В	18,5-30,0	24,0-34,0	11,0-14,3	
Максимальный ток разряда непрерывный / импульсный, А	40,0/200,0	1,0/14,0	0,5/8,0	
Рабочая температура / температура хранения, °С	-5 – +35 / -35 – +45			
Срок гарантии, лет	12,5	10,0	15,5	
Масса, кг	21,0	1,6	0,7	
Габаритные размеры, мм	282×264×132	180×78×100	143×81×25	

Для средства ГПД «Удар» поставляются литий-ионные АБ производства АО «Аккумуляторная компания «Ригель» [4] и ООО «Радиотех» [5]. Характеристики данных АБ и их внешний вид представлены в таблице 9.

Для разрабатываемого средства ГПД «Бурак» АО «НПК «Альтэн» поставляет батарею одноразового действия ХИТ «Бу-

Таблица 9 – Характеристики литий-ионных АБ

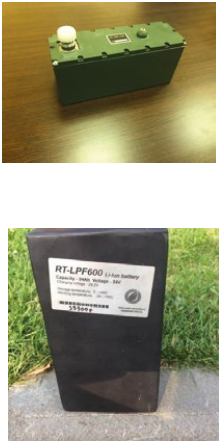
Характеристика	8.ЛИКГП-10	RT-LPF-600-24В	Внешний вид
Катодный материал аккумуляторов	LiCoO ₂	LiFePO ₄	
Номинальная емкость, Ач	10,0	24,0	
Номинальное напряжение, В	28,8	24,0	
Максимальный ток разряда непрерывный / импульсный, А	5 / 20	15 / 24	
Количество условно полных циклов, шт.	1000	1500	
Рабочая температура, °С	-40 – +50	-20 – +40	
Масса, кг	4,0	4,5	
Габаритные размеры, мм	252,5×82,5×120,5	100×200×120	
Гарантийный срок службы, лет	5	10	

Таблица 10 – Характеристики ХИТ «Бурак-ИТ1»

Характеристика	Значение	Внешний вид ХИТ «Бурак-ИТ1» и ФУЛ-150М	
Номинальная емкость, Ач	120		
Напряжение разряда, В	19,0 – 30,0		
Максимальный непрерывный ток разряда, А	20		
Рабочая температура, °С	-4 – +35		
Масса, кг	32,0		
Габариты w(диаметр × высота), мм	351 × 480		
Назначенный срок службы, лет	12,5		

рак-ИТ1» на основе литиевых элементов ФУЛ-150М системы литий-фторуглерод (Li-CFx). Данные элементы в количестве 11 штук соединены в батарее последовательно. Основные характеристики данной батареи приведены в таблице 10. Здесь же представлен внешний вид элемента ФУЛ-150М.

МИННОЕ ОРУЖИЕ

Минное оружие – это изделия, скрытно установленные в воде и предназначенные для поражения подводных и надводных объектов противника, а также для затруднения судоходства в определенных районах. Является старейшим видом морского подводного оружия, история которого насчитывает более ста лет.

Кроме того, как отмечается в [1]: «Отличие морских мин от торпед в том,

что они воздействуют не только напрямую, осуществляя потопление кораблей, но и психологически, заставляя противника отказаться от намеченных планов. Морские мины – опасный и невидимый противник или партнер, который дает любому прибрежному государству, независимо от его технического потенциала, возможность быть защищенным со стороны моря».

Источники электропитания для минного оружия, производимого Концерном, представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Электрические источники питания минного оружия

Минное оружие	Источник питания	Назначение	Производитель
Донные мины типа «МДМ»	БОД на основе МРЛ-3460	Основное	АО «Литий-Элемент», г. Саратов
Якорные мины типа «392»	БОД на основе ФУЛ-150М	Основное	АО «НПК «Альтэн», г. Электроугли
	БОД 12МРЛ-3460	Основное	АО «Литий-Элемент», г. Саратов
Специального назначения	БОД типа «НКМ»	Основное	АО «НИИХИТ», г. Саратов
Пульты контроля и проверки параметров	Элемент МРЛ-3460	—	АО «Литий-Элемент»
	Элемент ER20P	—	АО ИФ «Орион-ХИТ»

Рассмотрение приведенных в таблице 10 источников электропитания минного оружия целесообразно начать с анализа литиевых элементов типоразмера «D», используемых в пультах контроля и проверки параметров минного оружия: системы литий-диоксид марганца (Li-MnO₂) МРЛ-3460 (CR20) производства АО «Литий-Элемент», г. Саратов [6], и системы литий-тиоцианид (Li-SOCl₂) ER20P производства АО Инженерная фирма «Орион-ХИТ», г. Новочеркасск Липецкой области [7]. Сопоставление характеристик данных литиевых элементов приведено в таблице 12.

Для донных мин типа «ММ» и якорных мин типа «392» основное питание обеспечивается батареями одноразового действия, комплектуемыми на основе ли-

тиевого элемента МРЛ-3460. Этот же элемент в пультах контроля и проверки параметров минного оружия.

В качестве примера в таблице 13 представлены основные характеристики и внешний вид батареи одноразового действия 12МРЛ-3460, являющейся основным источником электропитания как в донных, так и в якорных минах.

Для якорных мин источники электропитания основного применения комплектуются на основе литий-фторуглеродных элементов серии «ФУЛ» производства АО «НПК «Альтэн», а именно ФУЛ-150П (в старых образцах минного оружия) и ФУЛ-150М (в современных образцах). Оба элемента имеют одинаковую призматическую конструкцию, отличаясь шириной.

Таблица 12 – Характеристики литиевых элементов ER20P и МРЛ-3460



Характеристика	ER20P	МРЛ-3460	Внешний вид
Номинальная емкость, Ач	10,00	9,00	
Номинальное напряжение, В	3,40	3,00	
Конечное напряжение разряда, не менее, В	2,50	2,00	
Номинальный ток разряда, А	1,00	0,10	
Максимальный ток разряда, А	3,00	0,50	
Максимальный импульсный ток разряда, А	5,00	1,50	
Температурный диапазон, °С	-40 – +60	-30 – +50	
Масса, г	120	100	
Габариты (диаметр × длина), мм	34,2 × 61,5		
Срок гарантии, лет	3	10	

Таблица 13 – Характеристики БОД 12МРЛ-3460

Характеристика	Значение	Внешний вид	
Емкость, Ач	30,0 / 15,0 / 7,5		
Напряжение, В	6,4 / 12,8 / 25,6		
Конечное напряжение, В	5,0 / 10,0 / 20,0		
Ток разряда, А	0,15 – 0,30		
Диапазон рабочих температур, °С	-4 + 35		
Габариты, мм	154 × 125 × 73		
Гарантийный срок, лет	16,5		

Внешний вид элемента ФУЛ-150М представлен выше при описании ХИТ «Бурак-ИТ1». В таблице 14 представлены характеристики данных элементов.

В таблице 15 представлены в качестве примера характеристики БОД 15ФУЛ-150П, используемой в действующих образцах минного оружия.

Необходимо отметить, что, помимо современных мин или модернизирован-

ных мин советского периода, до настоящего времени в эксплуатации находятся немодернизированные образцы минного оружия советского периода. Для данных образцов использовались и в некоторых случаях до сих пор используются следующие источники электропитания:

– марганцево-цинковые элементы («ЭРМ П» и «Элемент № 17») и батареи на их основе производства АО «Энергия»,

г. Елец [8]. Срок службы таких батарей (5 лет) закончился не позднее 2005-2006 годов;

– ртутно-цинковые дисковые элементы («РЦ-57», «РЦ-59», «РЦ-85С» и «РЦ-93») и батареи на их основе производства АО «Энергия», г. Елец. Срок службы таких батарей (5 лет) закончился в середине 1970-х годов. Производство их прекращено. Хранение данных элементов и батарей на их основе сверх назначенного срока чрева-


то экологической опасностью, связанной с возможностью выделения металлической ртути;

– обслуживаемые никель-кадмиевые батареи на базе аккумуляторов типа «НКП» производства АО «НИИХИТ», г. Саратов (9НКП-90, 12НКП-90 и др.). В настоящее время аккумуляторы типа «НКП» и батареи на их основе не производятся. Срок службы таких батарей закончился не позднее 2016 года.

Таблица 14 – Характеристики литий-фторуглеродных элементов

Характеристика	ФУЛ-150П	ФУЛ-150М
Донные мины типа «wМДМ»	БОД на основе МРЛ-3460	Основное
Емкость номинальная/ гарантированная, Ач	175 / 165	165 / 150
Номинальное напряжение (при токе 8-20А), В	2,2 – 2,7	
Напряжение при импульсной нагрузке (35-40А, инт. 0,3 с), В	2,1 – 2,7	
Габаритные размеры, мм	180×115×45	180×96×45
Масса, кг	1,8	1,5
Срок хранения, лет	10	
Саморазряд, % в год	1	

Таблица 15 – Характеристики БОД 15ФУЛ-150П

Характеристика	Значение	Внешний вид	
Емкость, Ач	150 – 2250		
Номинальное напряжение, В	3,5 – 42,0		
Рабочие токи, А	0,1 – 25,0		
Рабочая температура, °С	-4 – +35		
Габаритные размеры, мм	338 × 205 × 306		
Масса, кг	27		
Гарантийный срок, лет	16,5		

НЕОБИТАЕМЫЕ ПОДВОДНЫЕ АППАРАТЫ

Необитаемый подводный аппарат используется для выполнения разнообразных задач в толще воды и на морском дне в отсутствие экипажа. В отличие от подводной лодки, как правило, имеет ограниченные возможности по автономности и поэтому работает во взаимодействии с обеспечивающим судном-носителем. Необитаемые подводные аппараты могут работать на глубине, недоступной для подводных лодок и водолазов.

Необитаемые подводные аппараты (НПА) – одно из наиболее интенсивно развивающихся направлений подводной техники гражданского и военного назначения [1]. Они подразделяются на аппараты, связанные кабелем с судном-носителем, по которому осуществляется управление аппаратом и/или его энергообеспечение, а также на аппараты, не связанные кабелем

Таблица 16 – Источники электропитания НПА

НПА	Источник питания	Назначение	Производитель
НПА калибра 240мм	БОД ИТ-250	Основное	АО «Энергия», г. Елец
	АБ 30 ICGP5/43/140	Практическое	АО «Уралэлемент», г. Верхний Уфалей
АНПА калибра 533мм (проект)	АБ АБ-80	Основное	АО «Уралэлемент», г. Верхний Уфалей

Таблица 17 – Характеристики источников электропитания для НПА калибра 240 мм

Характеристика	БОД ИТ-250	АБ 30 ICGP5/43/140
Конструктивное исполнение	Тепловая батарея	Литий-ионная АБ
Напряжение, В	75,0 – 96,5	80,0
Ток разряда, А	25	25
Время работы, не менее, с	250	300
Рабочая температура / температура хранения, °С	–4 – +35 / –60 – +60	–4 – +35 / –50 – +50
Срок хранения, лет	22	5

с судном-носителем. В последнем случае применяется название «автономный необитаемый подводный аппарат» (АНПА). Энергообеспечение АНПА осуществляется с помощью внутреннего источника электропитания, а управление – либо по заданной программе, либо по акустическому или радиоканалу. В статье [8] подробно описана история создания НПА и АНПА в Концерне.

В настоящее время в Концерне производятся и разрабатываются НПА различного назначения. В качестве примера рассмотрим источники электропитания для двух современных НПА (таблица 16).

Характеристики источников электропитания для НПА калибра 240 мм представлены в таблице 17, а их внешний вид – на рисунке 1.

Характеристики литий-ионной аккумуляторной батареи АБ-80 для перспективного АНПА калибра 533 мм представлены в таблице 18.

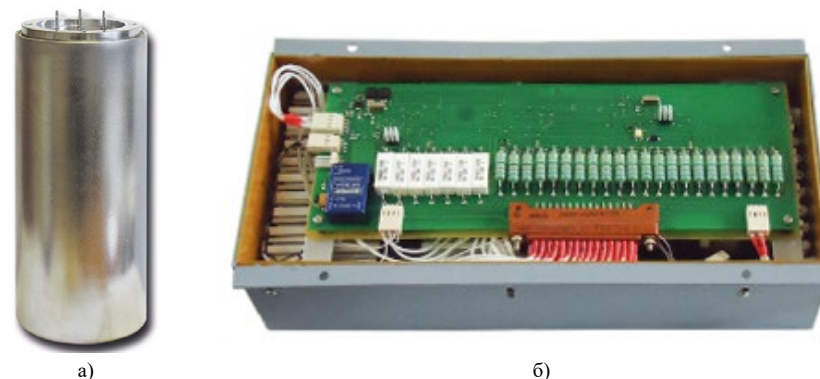


Рисунок 1 – Внешний вид: а) БОД ИТ-250; б) АБ 30 ICGP5/43/140

Таблица 18 – Характеристики АБ АБ-80 для перспективного АНПА калибра 533 мм

Характеристика	Значение	Внешний вид
Номинальное напряжение, В	80	
Номинальная энергия, кВт*час	10,2	
Рабочая температура, °С	–4 – +35	
Габаритные размеры (диаметр × длина), мм	470 × 700	
Срок хранения, лет	6	

АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Водоактивируемые медно-магниевые БОД типа ММ. Около 50 лет назад была разработана конструкция водоактивируемой медно-магниевой батареи одноразового действия, имеющей открытый контур. Данная конструкция отличается положительными качествами, связанными с безопасностью эксплуатации, длительным сроком хранения и отсутствием необходимости обслуживания при хранении. В настоящее время данные БОД успешно производятся АО «Уралэлемент». В то же время, учитывая, что электролитом явля-

ется соленая морская вода, данная батарея не способна обеспечить энергетические характеристики, требуемые по ТЗ, в пресноводных или слабосоленых акваториях, например в Балтийском море.

Для преодоления данного недостатка ведущими зарубежными производителями электрического торпедного оружия разработаны водоактивируемые БОД, имеющие закрытый контур. Для данного типа БОД применяется электрохимическая система алюминий – оксид серебра (Al-AgO). Принцип действия данной БОД основан на том, что после заполнения водой батарейный отсек герметизируется, а в попавшую внутрь воду добавляется необходимое количество

щелочи для получения электролита требуемого качества. Далее получившийся электролит циркулирует в электродном отделении с помощью так называемой системы обеспечения функционирования (СОФ), представляющей собой совокупность насосов, клапанов и трубопроводов. Как следствие, удельные энергетические и мощностные характеристики данной БОД не зависят от солености морской воды. В то же время конструкция данной БОД существенно сложнее по сравнению с конструкцией БОД открытого типа.

Наиболее известными примерами

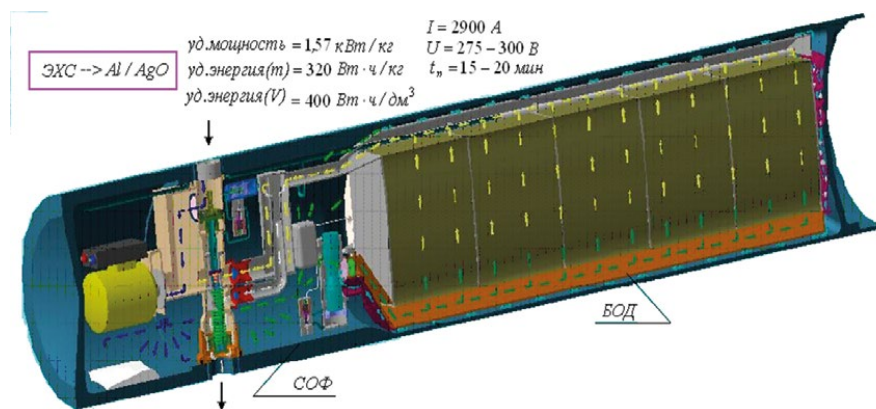


Рисунок 2 – Схематический вид водоактивируемой БОД электрохимической системы Al-AgO

Серебряно-цинковые АБ типа «СЦ». Применяемые для практических торпед и средств ГПД серебряно-цинковые АБ производства АО «Электроисточник», г. Саратов, морально устарели и требуют замены на современные литий-ионные АБ. Как указано выше, АО «Уралэлемент» имеет литий-ионный аналог (АБ 336 ICR50/320-01) для практической торпеды калибра 533 мм. В данной АБ используются литий-ионные аккумуляторы цилиндрической конструкции, имеющие достаточно высокую емкость [2].

В качестве дополнительной возможности при конструировании АБ как для практических торпед, так и для иных объ-

использования водоактивированных БОД замкнутого контура являются франко-итальянские торпеды калибра 324 мм «MU-90» и калибра 533 мм «Black Shark».

В России разработка водоактивируемой БОД замкнутого контура системы Al-AgO для торпеды калибра 533 мм выполнена в рамках НИР «Морзянка» АО «АК «Ригель». При необходимости данная разработка может быть на тех или иных условиях передана в АО «Уралэлемент» для освоения серийного производства. Схематический вид данной БОД, имеющей длину 2,7 м, представлен на рисунке 2.

норазового действия, разрывающемся при росте давления внутри аккумулятора выше допустимого.

Кроме того, малые размеры аккумуляторов определяют большую унификацию при конструировании АБ различного назначения.

В качестве примера использования литий-ионных аккумуляторов типоразме-

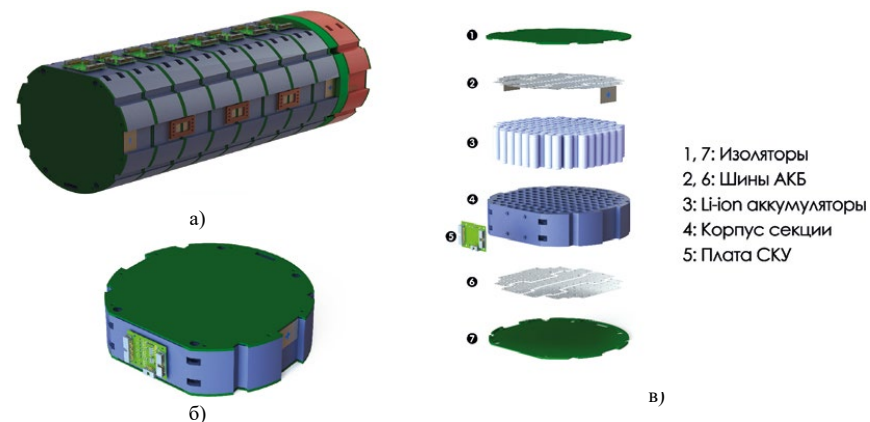


Рисунок 3 – Литий-ионная АБ для перспективного средства ГПД калибра 324 мм а) внешний вид АБ; б) внешний вид секции АБ; в) взрыв-схема секции АБ

БОД типа «НКМ», «МРЛ» и «ФУЛ». К сожалению, в настоящее время частное предприятие АО «НИИХИТ», производящее никель-кадмиевые аккумуляторы типа «НКМ» и батареи на их основе, переживает кризисную ситуацию, что определяет необходимость задуматься о поиске альтернативы данным БОД.

В [9] на примере БОД 24НКМ-20 описана теоретическая возможность замены данного типа батарей на литий-ионные АБ, учитывая их значительно более высокие удельные энергетические характеристики, что позволяет обеспечивать длительные сроки хранения, несмотря на наличие саморазряда.

Однако для подтверждения теоретической возможности использования литий-ионных аккумуляторов и батарей на их основе в качестве необслуживаемых источников электропитания с длительным

сроком хранения требуется провести практические испытания с использованием методов ускоренного моделирования, что запланировано Концерном.

Производители батарей одноразового действия на базе литиевых элементов типа «МРЛ» и «ФУЛ» – АО «Литий-Элемент» и АО «НТК «Альтэн» входят в состав государственных холдингов (ГК «Ростех» и ГК «Роскосмос»). Это обстоятельство позволяет сделать вывод об их устойчивом положении. В то же время данные предприятия являются монополистами, поэтому есть определенный риск прекращения производства каких-либо литиевых элементов.

Однако в этом случае с большой долей вероятности могут быть разработаны аналоги батарей одноразового действия на базе, например, литий-тионилхлоридных элементов, производство которых освоено в стране.

ВЫВОДЫ

По результатам представленных выше данных сделаем основные выводы.

1. Применяемые в качестве источников электропитания батареи одноразового действия и аккумуляторные батареи различных электрохимических систем в целом удовлетворяют текущие потребности при разработке и серийном изготовлении Концерном образцов морского подводного оружия.

2. Наблюдаемый в настоящее время

рост как энергетических, так и эксплуатационных характеристик литий-ионных аккумуляторов позволяет прогнозировать расширение их применения при проектировании источников электропитания для современных образцов морского подводного оружия.

3. Для обеспечения значительного роста энерговооруженности морского подводного оружия требуется поиск и развитие принципиально новых источников электропитания, возможно, не химической природы.

ЛИТЕРАТУРА

1. АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор». Продукция. // www.gidropribor.ru.
2. АО «Верхнеуфалейский завод «Уралэлемент». Литий-ионные аккумуляторы и батареи. // www.uralelement.ru.
3. АО «НИИХИТ». Никель-кадмиевые батареи и изделия. // www.niihit.ru.
4. АО «Аккумуляторная компания «Ригель». Литий-ионные аккумуляторы и аккумуляторные батареи. // www.rigel.ru.
5. ООО «Радиотех». Безкорпусные LiFePO4 АБ серии RT-LPF. // www.radio-tech.ru.
6. АО «Литий-Элемент». Литий-диоксид марганцевые источники тока. // www.lithium-element.ru.
7. АО Инженерная фирма «Орион-ХИТ». Литиевые элементы. // www.orion-hit.ru.
8. Красильников Р.В., Нисневич М.З. История развития необитаемых подводных аппаратов разработки ГНЦ «Гидроприбор». // Подводное морское оружие. – № 4 (47). – 2019. – С. 27-35.
9. Кудрявцев Н.А., Петров М.П., Мойса В.А. О возможности использования литиевых источников электропитания при проектировании мощных батарей одноразового действия с длительным сроком хранения. // Подводное морское оружие. – № 4 (47). – 2019. – С. 55-68

УДК 623.9:620.197

к.т.н. М.В. ГОЛОВАНОВА, к.т.н. В.А. ДУН,
Е.И. ОВШТЕЙН, Н.О. ШАРОВА,
к.т.н. Е.В. ЦУКИНА

ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ВЫБОРУ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МОРСКОГО ПОДВОДНОГО ОРУЖИЯ

В статье рассмотрены общие и типичные специальные требования, предъявляемые при выборе металлических и неметаллических материалов для изготовления КМЧ изделий. Основное внимание уделено требованиям к механическим характеристикам материалов, обеспечивающих прочность изделий и снижение их массогабаритных характеристик, а также проблеме коррозионной стойкости как основному фактору сохранения работоспособности изделий МПО в условиях агрессивного воздействия внешней среды в процессе их эксплуатации. За основу взяты результаты исследований по выбору материалов, изготовлению и испытаниям опытных и серийных конструкций, проведенных АО «Концерн «МПО – Гидроприбор».

– соответствовать требованиям по пожаробезопасности и др.

Кроме того, в настоящее время ужесточаются требования заказчика к экстремальным внешним воздействиям, растёт интерес к малоуязвимому оружию пониженного риска. Поэтому перспективным направлением развития МПО, наряду с разработкой более эффективных энергоносителей, бортовой аппаратуры и т.д., является применение при проектировании КМЧ изделий новых материалов.

ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ КМЧ

Предъявляемые к материалам требования можно разделить на общие и специальные. Общие связаны со стандартными требованиями к работоспособности изделий и являются обязательными. Специальные обеспечивают решение конкретных задач, и их набор может варьироваться от изделия к изделию.

Общие требования, предъявляемые ко всем материалам КМЧ, определяются ТЗ на изделия и стандартами:

– определенное значение величин механических характеристик, которые должны обеспечить прочность и устойчивость изделия;

– минимально возможная плотность;

Любая конструкция начинается с материала, поэтому немаловажным фактором повышения эффективности морского подводного оружия (МПО), а также залогом безотказной работы изделия является правильный выбор материалов корпусно-механической части (КМЧ) на этапе разработки конструкции с учётом всех эксплуатационных воздействий.

Изделие МПО должно соответствовать следующим требованиям:

– выдерживать наружное давление морской воды до заданной величины в течение определенного времени (согласно требованиям ТЗ);

– иметь определённые массогабаритные характеристики;

– выдерживать воздействие внешних факторов (ВВФ) согласно ГОСТ РВ 20.39.304-98;

– выдерживать диапазон температур при хранении, эксплуатации и транспортировке (от минус 50 до плюс 70 °С);

– сохранять работоспособность на время назначенного срока службы или хранения – 15-25 лет;

– быть герметичным;

– сохранять коррозионную стойкость в течение назначенного срока службы;

– иметь ударостойкость;

– выдерживать воздействие морской воды солёностью 37‰;

- назначенный срок службы или хранения – до 25 лет;
- живучесть и стойкость к внешним воздействиям по ГОСТ РВ 20.309.304-98 (для соответствующей группы изделий);
- достаточный уровень технологичности (возможность сварки, мехобработки, намотки, заливки, обработки давлением, резаньем и т. д.);
- наличие в РФ производства соответствующего металлического проката или материалов, компонентов и полуфабрикатов для изготовления неметаллических деталей;
- коррозионная стойкость материалов отдельных элементов омываемых узлов или совокупности различных материалов рассматриваемых узлов.

К специальным требованиям можно отнести:

- обеспечение специальных электрофизических характеристик: немагнитность, диэлектрические свойства, радиопрозрачность, звукопоглощение и вибродемпфирование, звукопрозрачность и т.п.;
- биологическая стойкость (отсутствие обрастания) – для изделий, эксплуатируемых во влажной атмосфере или на малых глубинах.

К неметаллическим материалам также предъявляются требования по герметичности. В данном случае под герметичностью материала понимается его способность препятствовать водонепроницаемости (фильтрации) влаги во внутренний объем герметичных отсеков сквозь толщину стенки оболочки (структуры материала) и вдоль механически обработанной поверхности при ее герметизации с помощью стандартных резиновых уплотнителей. Водопоглощение не должно превышать 5%. Предполагается, что структура герметичного материала монолитная, т.е. связующее воздействует на поверхность армирующего материала во всем объеме конструкции, а пористость отсутствует вплоть до капиллярного уровня. Теоретически такой материал должен иметь стабильные механические характеристики и не реагировать на наличие влаги во внешней среде. Герметичность должна обеспечивать-

ся при нагрузках не менее 6 МПа.

Допускается применять негерметичные материалы при условии выполнения их герметизации или герметизации изделия в целом. При этом необходимо учесть, что меры по герметизации усложняют конструкцию изделия и технологический процесс его изготовления, а также увеличивают его массу.

Так, например, технология герметизации гидроакустических антенн (ГАА) является очень трудоемкой. В настоящее время для герметизации антенн взамен резины внедряются полиуретановые эластомеры. Требования к материалам в данном случае не общие, а специальные, такие как звукопрозрачность, хорошая адгезия к металлам, технологичность (достаточное время живучести материала для выполнения заливки), температура полимеризации и др.

Герметизация антенн полиуретанами значительно облегчила процесс их изготовления и сократила затраты, поскольку основная часть стала более простой. В данной технологии не требуется операция наклеивания блоков преобразователей в обтекатель ГАА и механическая доработка обвода. Герметизация ГАА полиуретаном осуществляется методом свободного или вакуумного литья.

Для герметизации антенн в настоящее время применяется отечественный полиуретановый эластомер НИЦ-ПУ-5 ТУ 2253-179-07507802-2002 (полиуретан), разработки ФГУП «Пермский пороховой завод» (рисунок 1).

Для герметизации изделий также применяются различные герметики, компаунды, клеи и резины.

Выбор данных материалов производят с учетом особенностей конструкции, основных характеристик и рекомендаций по применению в соответствии с требованиями ООПВ5Р.9328-79 «Перечень клеев, компаундов и герметиков, разрешенных для применения». Выбор резины происходит в соответствии с СТО ЕРЦИ.05-001-2008 «Смеси резиновые. Марки. Ограничительный перечень».



а)



б)

Рисунок 1 – Антенные устройства, герметизированные полиуретаном:

а) антенное устройство; б) гидроакустическая антенна

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ СПЛАВЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КМЧ

Основными материалами для изготовления КМЧ изделий МПО в настоящее время являются металлические сплавы: алюминиевые, титановые, реже стали. Для комплектующих частей используются различные стали и сплавы на основе меди. Выбор материалов происходит в соответствии с ОП ИЛВЦ.47-2015 «Стали и сплавы черные» и ОП ЕРЦИ.05.002-2016 «Цветные металлы и сплавы». Для корпусных конструкций изделий, эксплуатируемых на глубине до ≈ 1000 м, как правило, применяются алюминиевые сплавы. Для работы на глубинах более 1000 м – титановые сплавы и стали. Для корпусов донных мин – стали. Алюминиевые сплавы, обладая высокими значениями удельной прочности и малой плотностью, технологичностью и немагнитностью, на сегодняшний день остаются основным конструкционным материалом для КМЧ МПО.

Для изготовления изделий применяются следующие алюминиевые сплавы:

- термически не упрочняемые алюминиевые сплавы системы Al-Mg – 1560 и 1561, которые полностью освоены произ-

водством. Изделия из них удовлетворяют всем общим требованиям по работоспособности. Однако величины механических характеристик рассматриваемых сплавов имеют относительно низкие значения, поэтому рассматриваемые сплавы могут быть рекомендованы для изделий, эксплуатируемых на глубине не более 400 м;

- высокопрочный термоупрочняемый алюминиевый сплав системы Al-Mg-Zn – 1980T1, который позволяет увеличить рабочую глубину до 1000 м, но недостаточно технологичен, поскольку сварные соединения требуют термической обработки и имеют низкую коррозионную стойкость.

До 30% массы изделий МПО относится к его корпусу, поэтому приоритетной задачей для снижения металлоёмкости изделий при обеспечении требуемых прочностных характеристик является применение новых сплавов, что позволит улучшить тактико-технические характеристики (ТТХ) изделий.

К перспективным алюминиевым сплавам выдвигаются следующие требования:

- обеспечение предела текучести $\sigma_{0,2} \geq 200-300$ МПа при сохранении высоких пластических и технологических

свойств полуфабрикатов;

- хорошая свариваемость, высокие прочностные свойства (не менее 0,9 от прочности основного металла) и надёжность сварных соединений без дополнительной упрочняющей термической обработки сварных швов;

- высокая коррозионная стойкость в морской воде;

- удовлетворительные технологические свойства, обеспечивающие возможность получения катаных и прессованных полуфабрикатов и изготовления из них корпусных конструкций механической обработкой, а также с использованием гибки, резки и т.п.;

- удовлетворительная сопротивляемость ударным нагрузкам, включая сварные соединения, и др.

Одним из наиболее перспективных направлений работ по повышению прочностных характеристик нетермоупрочняемых алюминий-магниевого сплава в настоящее время является использование скандия в качестве легирующего элемента. Повышенная прочность таких сплавов объясняется непосредственным упрочняющим действием частиц Al_3Sc и их опосредованным влиянием за счет сохранения нерекристаллизованной структуры и формирования субструктуры. При этом чем мельче субзерна, тем, в соответствии с уравнением Холла-Петча, выше сопротивление деформации.

Закон Холла-Петча описывает соотношение между пределом текучести σ_T и размером зерна d для поликристаллического материала:

$$\sigma_T = \sigma_0 + Kd^{-1/2},$$

где σ_0 – некоторое напряжение трения, которое необходимо для скольжения дислокаций в монокристалле, а K – индивидуальная для каждого материала константа, называемая коэффициентом Холла-Петча [1]. Разработанный в ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей» новый сплав данной системы – 1575-1 является перспективным материалом для КМЧ изделий МПО. Сплав тех-

нологичен, он хорошо сваривается между собой (рисунок 2а) и с полуфабрикатами из 1560, 1561, 1980Т1, хорошо обрабатывается резанием и давлением, имеет высокую коррозионную стойкость (на уровне сплава 1560).

Расчеты и проведенные испытания показали, что наибольший эффект от применения сплава 1575-1 может быть получен при использовании в качестве замены сплавов 1560, 1561, а в некоторых случаях как замена сплава 1980Т1. Это позволит снизить массогабаритные характеристики КМЧ изделий до 1,3 раза.

С целью увеличения рабочей глубины эксплуатации изделий АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» осваивает новый перспективный высокопрочный алюминиевый сплав 1933Т33, разработанный ФГУП «ВИАМ». Сплав применяется в авиастроении. Для эксплуатации в морской воде разработан режим термической обработки, обеспечивающий необходимый комплекс прочностных и коррозионных свойств. Сплав несвариваемый, коррозионноустойчивый, удовлетворительно обрабатывается резанием (рисунок 2б). Может быть рекомендован как замена сплавов 1560 и 1980Т1, а также титановых сплавов. Сравнительные характеристики алюминиевых сплавов представлены в таблице 1.

Проведённые исследования показали, что разрабатываемые алюминиевые сплавы 1575-1 и 1933Т33 в целом удовлетворяют требованиям, предъявляемым к материалам для изготовления КМЧ изделий МПО, и могут заменить применяемые в настоящее время сплавы 1560, 1561 и 1980Т1, обеспечив повышение ТТХ изделий в части снижения массогабаритных характеристик до 30%, повышения рабочей глубины использования и т.д. [2].

Титановые сплавы имеют малую плотность, высокие механические свойства и высокую коррозионную стойкость в большинстве агрессивных сред. Сплавы не магнитны, однако из-за своей высокой цены и низкой технологичности не используются

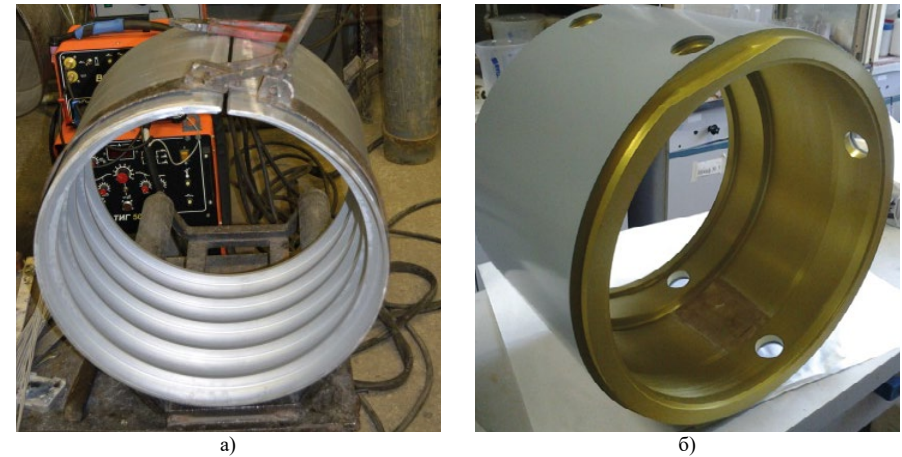


Рисунок 2 – Корпуса из новых алюминиевых сплавов: а) сварка корпуса из сплава 1575-1; б) корпус из сплава 1933Т33 для натурных коррозионных испытаний

Таблица 1 – Сравнительные характеристики алюминиевых сплавов

№	Марка материала	Характеристики					
		Механические			Плотность, г/см ³	Технологические	Рекомендуемые рабочие нагрузки на изделия МПО
		Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Временное сопротивление σ_B , МПа	Относительное удлинение δ , %			
1	1560 (AMg6)	160	290	10	2,63	свариваемый, термоупр.	до 350 м
2	1561 (AMg-61)	190	330	11	2,65	свариваемый, термоупр.	до 400 м
3	1980Т1 (В48-4Т1)	300	360	10	2,76	свариваемый, термоупр.	до 1000 м
4	1575-1	>260	390	11	2,65	высокопр., свар., корроз. стойкий, нетермоупр.	до 800 м
5	1933Т33	>380	460	8	2,83	высокопр., несвар., термоупр.	до 1500 м

Таблица 2 – Характеристики титановых сплавов в конструкциях МПО

№	Марка материала	Характеристики					
		Механические			Плотность, г/см ³	Технологические	Рекомендуемые рабочие нагрузки на изделия МПО
		Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Временное сопротивление σ_b , МПа	Относительное удлинение δ , %			
1	5В	755	805	8	4,5	Свариваемый	Более 1000 м
2	ПТ-3В	588	833	10	4,5		

для массовых изделий. Характеристики титановых сплавов, применяемых в конструкциях МПО, приведены в таблице 2.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

В последнее время для изготовления КМЧ МПО, деталей оперения, блоков плавучести и других высоконагруженных элементов конструкции находят широкое применение композиционные неметаллические материалы.

Материал состоит из армирующего наполнителя (волокнистого или мелкодисперсного) и связующего; перерабатывается методами формования, прессования, намотки. Характеристики получаемого в составе каждого изделия материала определяются свойствами компонентов, схемой армирования, способом и режимом переработки. Характеристики, приводимые в справочной и специальной литературе по композитным материалам и конструкциям, следует рассматривать как ориентированные для оценки электрофизических свойств материала и среднего уровня его механических характеристик, т.е. для сравнительного выбора. Реальные значения в каждом конкретном случае могут существенно колебаться в зависимости от технологического и конструктивного выполнения.

Ориентировочный уровень характеристик определяется в основном выбором компонентов. Выбор методов и режимов

переработки позволяет в максимальной степени использовать технологические возможности компонентов для конкретного конструктивного облика изделия. Оптимизация структуры армирования относительно действующих в изделии напряжений позволяет в максимально возможной степени использовать механические характеристики армирующего материала.

Рассмотренные обстоятельства позволяют поставить вопрос относительно оптимизации (конструктивного выполнения, технологии изготовления, выбора компонентов), обеспечения стабильности производства, выбора величин коэффициента запаса прочности.

Результаты экспериментальных исследований и общепринятое экспертное мнение показывают, что для обеспечения надежности коэффициент запаса n при расчётах допустимых рабочих нагрузок на изделия из композиционных материалов следует принимать равным 2. Для сравнения: при расчёте металлических конструкций коэффициент запаса $n = 1,2$. Рассмотренное обстоятельство существенно снижает конкурентную способность композиционных материалов.

Таким образом, при разработке конструкций из композиционных материалов необходимо выставлять дополнительные требования по обеспечению надёжности и долговечности работ.

В АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» выполнена оптимизация и проведены

соответствующие исследования и работы по созданию конструкции и технологии изготовления стеклопластиковых, углепластиковых, сферопластиковых и стеклосферопластиковых конструкций.

Сферопластик – композиционный материал на основе полых стеклянных микросфер и эпоксидного связующего. Это альтернативный материал для создания блоков плавучести или наполнителя пустотелых объемов, эксплуатируемых в диапазоне глубин от 10 до 6000 м. Работоспособность проверена на натуральных изделиях.

Отработаны эксклюзивные режимы намотки и прямого прессования стеклопластика ЭДТ-10П на основе модифицированной смолы КДА ТУ 6-05-11380-76 и стеклоткани Т-10-14 ГОСТ 19170-73, а также стеклосферопластика на основе стеклопластика ЭДТ-10П. Материалы получают герметичными, позволяют создавать коррозионностойкие конструкции со специальными электрофизическими свойствами – диэлектрическими, немагнитными, звукопрозрачными и т.д. Массогабаритные характеристики соответствующих прочных корпусов получают на уровне характеристик прототипов из алюминиевых сплавов. Массогабаритные характеристики негерметичных конструкций (элементы оперения, обтекатели и т.п.) на 10...30% легче алюминиевых аналогов.

Совместно с ЦНИИ КМ «Прометей» разработан сферопластиковый материал

с меньшей плотностью (550 кг/м³), чем у серийного материала СВП-2 (620 кг/м³). Материал предназначен для конструкции, находящейся на глубине 6000 м кратковременно.

В настоящее время отрабатываются опытные углепластиковые корпуса $\varnothing 220...530$ мм, изготовленные ООО НПП «Полимежкон». Конструкции получились на $\approx 30\%$ легче алюминиевого аналога. Материал негерметичный, загерметизирована конструкция в целом.

Образцы стеклопластиковых и углепластиковых конструкций представлены на рисунке 3, результаты оптимизации и отработки представлены в таблице 3.

Приведённые результаты позволяют проектировать конструкции и формулировать требования к материалам в части значений величины механических характеристик, обеспечивающих несущую способность при задаваемых нагрузках, и получения минимально возможных массогабаритных характеристик, а также в части технологических параметров и освоённости.

Неметаллические материалы применяются также для отдельных узлов и деталей, которые должны обеспечивать специальные свойства – электротехнические, триботехнические, гидроакустические, гидроизоляционные и т.д.

Неметаллические конструкционные материалы, поставляемые в готовом виде,



Рисунок 3 – Корпуса изделий из композиционных неметаллических материалов:
а) корпус отсека калибра 220 из углепластика; б) фрагменты корпуса калибра 533 из углепластика;
в) корпус батарейного отсека из стеклопластика ЭДТ-10П

Таблица 3 – Результаты оптимизации и отработки

№	Марка материала	Характеристики			Соответствие требованиям ВМФ	Примечание	
		Плотность, кг/м ³	Предел прочности при сжатии, кгс/см ²	Модуль упругости при сжатии, кгс/см ²			Наличие герметичности, водопоглощение, %
1	Стеклопластик ЭДТ-10П	1900...2000	4000/2000	3,5/1,1×10 ⁵	Герметичен, водопоглощение не более 5%	Соответствует (проверено на серийных конструкциях)	Числитель – вдоль основы ткани. Знаменатель – вдоль утка
2	Стеклофреопластик	1200...2000	Механические характеристики снижаются относительно характеристик стеклопластика ЭДТ-10П пропорционально снижению плотности от 2000 кг/м ³ до 1200 кг/м ³		Герметичен, водопоглощение не более 5%	Не исследовано	
3	Углепластик	1500	7000	14×10 ⁵	Не герметичен	Исследуется по теме «Гид-Гейзер»	Вдоль армирующих волокон
4	Сферопластик	550-620	400-600		Герметичен, водопоглощение не более 5%	Соответствует (проверено на серийных конструкциях)	

детали из которых получают механической обработкой, штамповкой и т.п., выбираются на основании их физико-механических характеристик, обеспечивающих конструктивные и эксплуатационные требования к изделиям в соответствии с отраслевым стандартом ООП В5.7183-86 «Пластмассы. Марки и назначение» и другими нормативно-справочными документами.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ МПО

Коррозионная стойкость МПО играет огромную роль в сохранении герметичности образцов и поддержании на необходимом уровне их ТТХ, то есть в конечном счете в сохранении боевой эффективности МПО [3-5].

С коррозионной точки зрения, оmyаемые поверхности образцов МПО представляют собой полиметаллические системы (гальванические многоэлектродные системы – ГМЭС), в состав которых входят следующие материалы:

- алюминиевые и титановые сплавы, углепластик – наружный корпус,
- алюминиевые и титановые сплавы, разнообразные стали, медные сплавы, кадмий (покрытие) – отдельные узлы и детали.

Разность стационарных потенциалов в таких системах составляет 0,8-1,0 В при эксплуатации в морской воде. Это неизбежно приводит к интенсификации коррозионных процессов на оmyаемых поверхностях.

Образцы МПО подвергаются коррозионному износу на всех этапах жизненного цикла: при производстве, транспортировке, хранении, эксплуатации. В КМЧ МПО коррозионному износу будут преимущественно подвергаться алюминиевые

сплавы, особенно если в состав КМЧ входят углепластики.

Необходимость быстрого внедрения новых конструкционных материалов, таких как углепластик, требует специализированных исследований их поведения в реальной коррозионной среде, что, в свою очередь, требует накопления данных об электрохимических характеристиках конструкционных материалов, электрических характеристиках покрытий и гидрологических характеристиках морской воды. Зачастую этому не уделяется достаточного внимания.

Единственный путь оценки ситуации в реальных временных условиях – математическое моделирование.

На рисунках 4-5 приведена трехмерная модель КМЧ одного из образцов МПО с перечнем конструкционных материалов и распределение коррозионных и защитных токов на оmyаемой поверхности в Мировом океане.

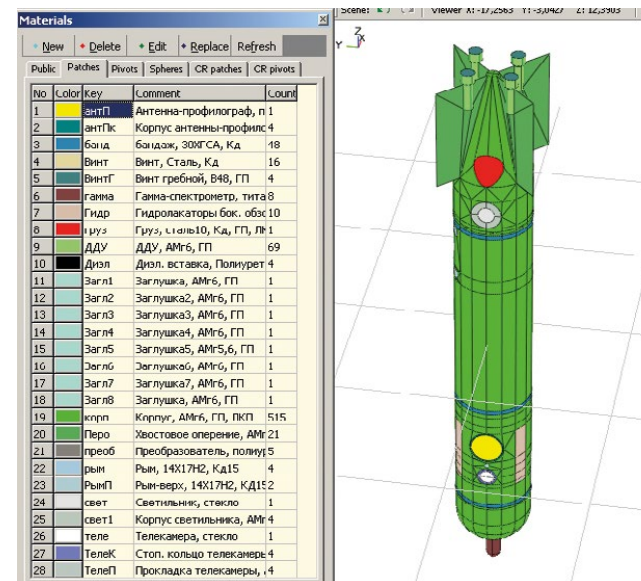


Рисунок 4 – Трёхмерная модель КМЧ. Перечень конструкционных материалов на трёхмерной модели КМЧ

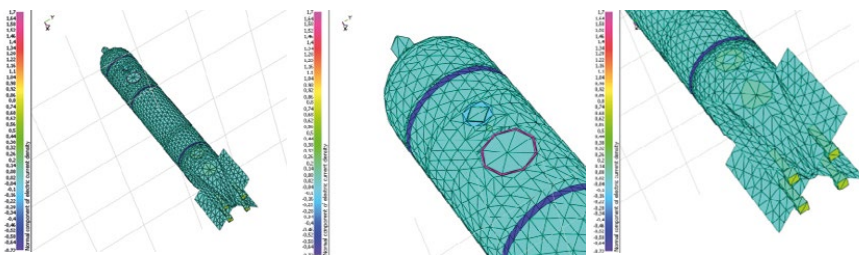


Рисунок 5 – Распределение коррозионных и защитных токов на оmyиваемой поверхности (через год после начала эксплуатации).

Район эксплуатации – Мировой океан: $\gamma_{н.с} = 4 \text{ См/м}$;

удельное поперечное электрическое сопротивление ЛКП $\rho_{кр} = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}^2$.

Положительные токи – аноды, отрицательные токи – катоды

Практика показывает, что наиболее интенсивно коррозионные процессы протекают на оmyиваемой поверхности образцов МПО, хранящихся в торпедных аппаратах (ТА), пусковых установках (ПУ) и межкорпусном пространстве ПЛ, и/или длительно находящихся на позиции. Это связано с тем, что при электрическом контакте с ТА, ПУ и пр. (сталь, титановый сплав) существенно увеличивается общая площадь катода в объединенной ГМЭС, что приводит к значительной интенсификации коррозионного износа алюминиевого сплава. Пассивные средства противокоррозионной защиты при этих режимах эксплуатации уже не смогут обеспечивать коррозионную стойкость образцов МПО [4, 6].

Поэтому необходимо проведение комплекса следующих мероприятий для исключения коррозионного износа образцов МПО при разных режимах эксплуатации на всех стадиях их жизненного цикла:

1. При проектировании образцов МПО добиваться минимизации разности стационарных потенциалов между конструктивными материалами, составляющими их оmyиваемую поверхность, за счёт применения гальванических покрытий, а также существенного увеличения поляризационного сопротивления поверхностей за счёт применения лакокрасочных покрытий.

2. При проектировании ТА, ПУ исключить их электрический контакт с

оружием внедрением диэлектрических накладок на направляющие дорожки, обтюрирующие кольца и прочие места контакта с образцами МПО.

3. Провести комплекс мероприятий по внедрению электрохимической (протекторной и катодной) защиты в ТА и ПУ.

4. Модернизировать комплекс протекторной защиты для хранения части боезапаса в межкорпусном пространстве: имеются исключительно хорошие результаты, описанные в [3, 5].

5. Предусмотреть обязательные мероприятия при эксплуатации МПО на ПЛ, в число которых входит нанесение смазки на нижнюю дорожку при загрузке образца МПО и обтирка ветошью образцов МПО, хранящихся в отсеках и выбранных в отсеки после мокрого хранения.

ВЫВОДЫ

1. Грамотный выбор конструктивных материалов КМЧ является залогом обеспечения и сохранения ТТХ образцов МПО в течение всего их жизненного цикла.

2. Конструктивные материалы при проектировании необходимо выбирать согласно требованиям, исходящим из назначения образцов МПО, обращая особенное внимание на условия хранения и применения.

3. Коррозионная стойкость образцов МПО является их важнейшей характери-

стикой, поэтому её обеспечение является одним из приоритетных направлений сохранения их живучести и надежности.

4. Для улучшения ТТХ образцов МПО необходимо применение новых перспективных конструктивных материалов, а также новых подходов к обеспечению их коррозионной стойкости.

5. Мероприятия по повышению ме-

ханических свойств, технологичности и коррозионной стойкости конструктивных материалов, используемых в КМЧ МПО, исходя из условий их эксплуатации, решаются экономически целесообразным путем, включающим математическое моделирование коррозионного износа, обеспечивая решение боевых задач при минимальном несанкционированном ущербе [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Захаров В.В. Особенности кристаллизации алюминиевых сплавов, легированных скандием. // Металловедение и термическая обработка металлов. – № 9 (675). – 2011. – С. 12-18.
2. Овштейн Е.И., Сычева Т.И., Шукина Е.В. Исследование и освоение новых высокопрочных алюминиевых сплавов для изготовления корпусно-механических частей морского подводного оружия. // Подводное морское оружие. – № 2 (39). – 2018. – С. 42-49.
3. Голованова М.В. Влияние коррозионного износа на тактико-технические характеристики образцов морского подводного оружия. // Тр. Международной НТК МПО-2004 «Морское подводное оружие – памятные даты истории». – СПб, 2004. – С. 168-169.
4. Голованова М.В., Петров М.П. Повышение боевой устойчивости подводных лодок путем «мокрого» хранения образцов морского подводного оружия в межкорпусном пространстве. // Подводное морское оружие. – № 1 (44). – 2019. – С. 87-92.
5. Голованова М.В. Обеспечение коррозионной стойкости образцов морского подводного оружия, разрабатываемых в ОАО «Концерн «МПО – Гидроприбор». // Подводное морское оружие. – № 2 (33). – 2017. – С. 74-95.
6. Отчет ОАО «Концерн «МПО – Гидроприбор» о НИР «Антикор», 2 этап. – СПб., 2010. – 183 с.
7. Землянов А., Иванов В., Силов В. Тенденции инновационного развития морского оружия. // Морской сборник. – № 9. – 2012. – С. 48-52.

ПРОТИВОКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА МОРСКОГО ПОДВОДНОГО ОРУЖИЯ: ШИРОТА ОХВАТА ПРОБЛЕМЫ

Статья посвящена оптимизации подхода к прогнозированию коррозионного износа и созданию средств противокоррозионной защиты. Приведены примеры математического моделирования для различных образцов МПО. Дана оценка преимуществ математического моделирования перед другими методами исследования коррозионного износа и создания средств противокоррозионной защиты.

Коррозионная стойкость морского подводного оружия (МПО) играет огромную роль не только в сохранении герметичности образцов, но и в поддержании на необходимом уровне многих ТТХ, т.е., в конечном счете, в сохранении боевой эффективности МПО и, следовательно, в поддержании боевой устойчивости ПЛ и других носителей [1-4].

С коррозионной точки зрения, омываемые поверхности образцов МПО представляют собой сложные полиметаллические гальванические многоэлектродные системы (ГМЭС). В их состав входят алюминиевые и титановые сплавы, углепластики, разнообразие сталей, медные сплавы, кадмий (покрытие).

Разность стационарных потенциалов в таких системах достигает 0,8-1,0 В. Это неизбежно приводит к интенсификации коррозионных процессов на омываемых поверхностях их корпусно-механических частей (КМЧ).

Образцы МПО подвергаются коррозионному износу на всех этапах жизненного цикла: при производстве, транспортировке, хранении, эксплуатации. Последние два наиболее коррозионноопасны.

Развитие коррозии – весьма сложный многопараметрический процесс, которому зачастую не уделяется достаточного внимания. МПО эксплуатируется в весьма разнообразных условиях. Эти различия можно классифицировать:

- по району Мирового океана,
- по глубине,
- по солености,

– по температуре и пр.

От этого зависит значение влияющих на интенсивность коррозионного износа параметров: удельной электрической проводимости морской воды, электрохимических характеристик конструкционных материалов, параметров покрытий.

Необходимость своевременного внедрения конструкционных материалов требует специализированных исследований их поведения в реальной коррозионной среде.

Широта охвата проблемы заключается в проведении целого спектра мероприятий для оптимизации противокоррозионной защиты (ПКЗ) образцов МПО:

1. Накопление данных об электрохимических характеристиках конструкционных материалов, электрических характеристиках покрытий и гидрологических характеристиках морской воды.
2. Исследование коррозионных процессов различными способами, всестороннее изучение процесса коррозионного износа [5].
3. Проведение исследований на всех этапах их жизненного цикла.
4. Внедрение комплексной ПКЗ, включающей пассивную и электрохимическую защиту.
5. Внедрение новых методов исследования коррозионных процессов.

В результате исследований, в частности, сделан вывод, что единственный путь оценки ситуации в реальных временных условиях – математическое моделирование коррозионного износа КМЧ с дальнейшей разработкой оптимизированной ПКЗ образ-

цов МПО в соответствии с их назначением, конструктивными особенностями и районами эксплуатации в Мировом океане.

Математическое моделирование коррозионных потерь и оптимизации средств ПКЗ требует существенно меньше затрат и времени, чем при любых других способах обеспечения коррозионной стойкости, и дает обоснованные решения, а также возможность быстро реагировать на требования заказчика в условиях рынка. Разработанная соответствующая методика [6].

Фактически процесс коррозии описывается следующими основными соотношениями.

Математическое моделирование основывается на применении закона Фарадея для глубинного показателя

$$I = I_a \times j_a$$

где j_a – плотность анодного тока, А/м²;

I_a – электрохимический эквивалент металла, мм²/(А×год).

При этом I_a можно уточнить для сплавов [7].

Плотность тока определяется из закона Ома в дифференциальной форме

$$j = -\gamma (\partial U / \partial n)_s,$$

где γ – удельная электропроводность коррозионной среды, См/м²;

n – внутренняя нормаль к поверхности металла;

U – разность потенциалов катодной и анодной реакций, В, получаемая из решения уравнения Лапласа

$$\Delta U = 0 \\ \partial^2 U / \partial x^2 + \partial^2 U / \partial y^2 + \partial^2 U / \partial z^2 = 0$$

При этом граничные условия отражают все существенные электрохимические характеристики металлов, покрытий и морской среды

$$U - \gamma (\rho + b) \partial U / \partial n = U_m - \varphi_{cm},$$

где U – искомый потенциал, В;

γ – удельная электропроводность коррозионной среды, См/м²;

$\rho_{кр}$ – удельное поперечное сопротивление покрытия, Ом×м²;

b – удельная поляризуемость металла, Ом×м²;

U_m – потенциал металла (равновесный потенциал системы), В;

φ_{cm} – стационарный электродный потенциал металла в данной среде, В.

Моделирование коррозионного износа можно произвести при наличии конкретных данных, а именно:

- чертежа (эскиза) омываемой поверхности изделия с указанием конструктивных материалов и размеров в единой системе координат;
- эскиза расположения изделия на носителях;
- перечня условий эксплуатации.

Моделирование должно включать:

- разработку обобщенного перечня конструктивных элементов на омываемых поверхностях изделия, характеристик конструкционных материалов, покрытий, параметров коррозионной среды;
- построение геометрических моделей изделия с учетом способов крепления на носителях;

– расчет распределения коррозионных характеристик на омываемых поверхностях изделия;

– оценку коррозионного износа на омываемых поверхностях изделия.

На рисунках 1-4 приведены примеры математического моделирования коррозионных токов как для образцов МПО в целом, так и для отдельных его частей.

Из рисунков видно, что, начиная с самых ранних стадий проектирования, можно рассмотреть значительное (в пределе – бесконечное) количество вариантов применения средств ПКЗ и выбрать оптимальный вариант их соотношения для требуемых условий эксплуатации.

В результате проведенных работ сделан вывод о необходимости создания базы

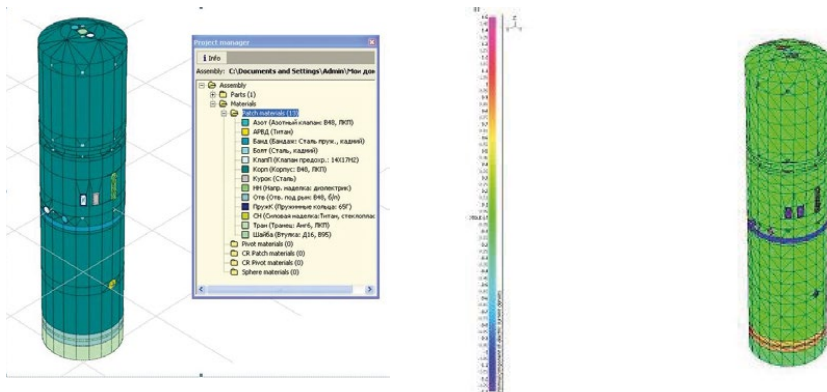
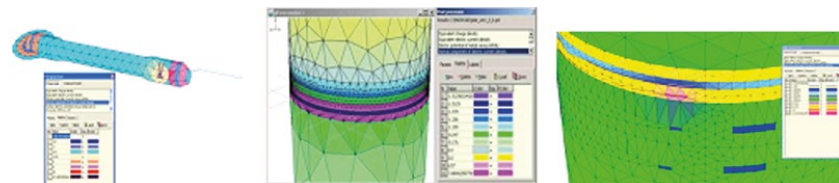


Рисунок 1 – Трехмерная модель одного из образцов МПО с отсеками из алюминиевых сплавов и распределение токов по омываемой поверхности.
 Район эксплуатации – Баренцево море: $\gamma_{м.в.} = 4 \text{ См/м}$; $\rho_{кр} = 1 \text{ Ом}^2$; срок эксплуатации – 4-5 лет.
 Применены гальванические покрытия



КМЧ образца МПО. В зоне термического влияния – максимальный коррозионный износ

Сварной шов на стыке двух отсеков из разнородных материалов. В зоне термического влияния – максимальный коррозионный износ

Повреждение ЛКП в районе сварки. В зоне термического влияния – максимальный коррозионный износ в поврежденных

Рисунок 2 – Исследование коррозионной стойкости сварных швов

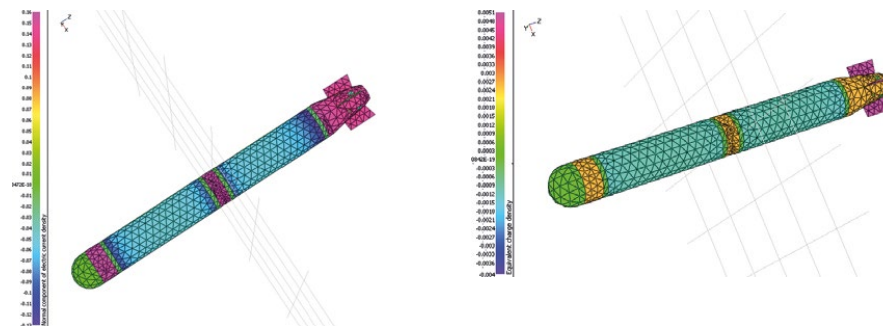


В исходном варианте применения средств ПКЗ: аноды разрушаются за 2-12 месяцев

В исходном варианте применения средств ПКЗ с применением протекторной защиты: конструкция защищена в течение 1,5 года

При дополнительной окраске ряда конструктивных элементов и протекторной защите: конструкция защищена в течение 5 лет

Рисунок 3 – Разработка оптимальной противокоррозионной защиты для обеспечения надежной эксплуатации конструкции в течение заданного срока службы



Район эксплуатации – Атлантический океан:
 $\gamma_{м.в.} = 4 \text{ См/м}$; удельное поперечное электрическое сопротивление ЛКП $\rho_{кр} = 10 \text{ Ом} \cdot \text{м}^2$

Район эксплуатации – поверхностные воды в тропиках: $\gamma_{м.в.} = 7 \text{ См/м}$; удельное поперечное электрическое сопротивление ЛКП $\rho_{кр} = 10 \text{ Ом} \cdot \text{м}^2$

Рисунок 4 – Образец МПО с углепластиковыми отсеками (катоды) Распределение и величина плотностей токов в зависимости от района Мирового океана и примененных средств ПКЗ

данных, структура которой показана на рисунке 5 [8, 9].

Итак, обеспечение коррозионной стойкости образцов МПО постоянно диктует необходимость совершенствования ПКЗ и применения новых подходов к ее созданию и проведения ряда организационно-технологических мероприятий [10].

Как уже отмечалось, омываемые поверхности КМЧ образцов МПО весьма разнообразны. Они представляют собой сложный комплекс оболочек, пластин, тросов, кабель-тросов.

Очень большое разнообразие МПО требует проводить мероприятия по оценке его коррозионной стойкости оптимальным способом – применением математического моделирования, т.е. проведения работ по обеспечению коррозионной стойкости экономически целесообразным путем, обеспечивая решение боевых задач при минимальном несанкционированном ущербе [11]. Это требует

- улучшения моделей;
- совершенствования специализированного прикладного программного обеспечения;
- создания и наполнения баз данных.

Надо понимать, что противокоррозионная защита МПО – это комплекс организационных, технических, правовых мероприятий.

Проводящиеся в области обеспечения оптимизированной ПКЗ образцов МПО соответствуют политике Концерна по применению новых научно-технических решений для повышения надежности и увеличения модернизационных возможностей при обновлении вооружения с экономией больших финансовых ресурсов и разработке новых высокотехнологичных образцов МПО [12].

Это позволит дать конкретные рекомендации по предполагаемому коррозионному износу образцов МПО.

Поэтому в дальнейшем, начиная с эскизного и технического проектирования, математическое моделирование коррозионного износа в целях оптимизации ПКЗ, безусловно, должно быть предусмотрено. Надо приучить конструкторов, технологов и эксплуатационников обязательно пользоваться этим простым и надежным инструментом.

Таким образом, мы обеспечим требования Заказчика по сохранению боевой эф-



Рисунок 5 – Диаграмма взаимосвязей объектов в БД

эффективности МПО и, следовательно, поддержания боевой устойчивости носителей, связанную с решением задач боевой службы и присутствия российских кораблей и судов в ключевых районах Мирового оке-

ана, обеспечивая защиту национальных интересов РФ и ее союзников [13], поскольку национальная безопасность неотделима от безопасности технологической.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голованова М.В. Обеспечение коррозионной стойкости образцов морского подводного оружия, разрабатываемых в ОАО «Концерн «МПО – Гидроприбор». // Подводное морское оружие. – № 2 (33). – 2017. – С. 74-95.
2. Отчет ОАО «Концерн «МПО – Гидроприбор» о НИР «Антикор», 2 этап. – СПб., 2010. – 183 с.
3. Голованова М.В. Влияние коррозионного износа на тактико-технические характеристики образцов морского подводного оружия. // Тр. Международной НТК МПО-2004 «Морское подводное оружие – памятные даты истории». – СПб, 2004. – С. 168-169.
4. Голованова М.В., Петров М.П. Повышение боевой устойчивости подводных лодок путем «мокрого» хранения образцов морского подводного оружия в межкорпусном пространстве. // Подводное морское оружие. – № 1 (44). – 2019. – С. 87-92.

5. Голованова М.В. История защиты морского подводного оружия от коррозии Тр. Международной НТК МПО-2004 «Морское подводное оружие – памятные даты истории». – СПб, 2004. – С. 102-113.

6. Методика «Прогнозирование коррозионного износа ПА и концентраторов рыбы с пелагическими траллами и оценка эффективности комплексной ПКЗ». – № 679.04.2010-МГ. – СПб. – НИР «Антикор», 2 этап. – 2010. – 19 с.

7. Отчет ОАО «Концерн «МПО – Гидроприбор» о НИР «Антикор», 1 этап. – СПб., 2009. – 188 с.

8. Голованова М.В. Информация и способы ее обработки для исследования коррозионных процессов при освоении Мирового океана. // Труды конференции «Освоение Мирового океана» – 2-5 октября 2007 г., Владивосток.

9. Свидетельство о государственной регистрации базы данных «Электронная БД по типовым конструктивным решениям подводных аппаратов и концентраторов рыбы с пелагическими траллами и электрохимическими характеристиками конструкционных материалов» № 2011620311 от 25 апреля 2011 г.

10. Голованова М.В. Организационно-технические мероприятия в области проектирования, производства и эксплуатации подводного морского оружия как коррозионностойких изделий. Основы методологического подхода // Тр. НТК. «Подводное морское оружие», ЦНИИ «Гидроприбор». – 2003. – № 2. – С. 222-226.

11. А. Землянов, В. Иванов, В. Силов. Тенденции инновационного развития морского оружия // Морской сборник. – № 9. – 2012. – С. 48-52.

Г.М. КОРОВИНА, д.т.н. М.А. КУЗЬМИЦКИЙ,
А.Н. ЛУЦКИЙ, к.т.н. В.А. НОВАКОВ

ФОРМИРОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МПО В ЦНИИ «ГИДРОПРИБОР» (ОКОНЧАНИЕ)

В предыдущих главах статьи, опубликованных в сборнике № 4 (47), была приведена краткая история создания подразделения оценки эффективности МПО в ЦНИИ «Гидроприбор» и изложены теоретические основы методики оценки эффективности. Ниже представлены последующие главы статьи и заключение.

5 ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КРИТЕРИЯ НА РАЗЛИЧНЫХ СТАДИЯХ РАЗРАБОТКИ ОРУЖИЯ

5.1 Критерий эффективности авиационных торпед на завершающей стадии их разработки

Для авиационных торпед обычная схема боевого применения состоит в сбрасывании торпеды по курсу цели с заданным выносом. Исход сбрасывания торпеды, т.е. поражение или не поражение цели, зависит при этом от характеристик акустической аппаратуры, схемы поиска, величины выноса, соотношения скоростей торпеды и цели, поведения цели, а также рассеивания точек приводнения торпеды.

Предположим, что параметры торпеды, включая парашютную систему, и параметры поисково-прицельного комплекса известны, возможные поведения цели заданы и определению подлежит оптимальный вынос точки прицеливания.

Известность параметров парашютной системы и поисково-прицельного комплекса позволяет найти закон распределения координат точек приводнения торпеды относительно точки прицеливания. Зная этот закон, а также параметры торпеды и поведение цели, можно, задавая выносом точки прицеливания, найти вероятность поражения цели. Вероятность поражения, как правило, используется в рассматриваемом случае в качестве критерия эффективности торпеды. Такой выбор критерия оправдан

тем, что он прост и нагляден, сравнительно легко поддается расчёту и однозначно зависит от варьируемого параметра – величины выноса. Порядок расчёта критерия эффективности и одновременно с этим определение оптимального выноса целесообразно принять при этом следующий.

Допустим, что задано несколько возможных поведений цели. Например, такие:

- цель движется равномерно и прямолинейно;
- цель через время t после приводнения торпеды начинает маневр уклонения по курсу, одновременно увеличивая скорость и глубину;
- цель использует средства ГПД.

Для каждого из поведений цели, которые можно пронумеровать от $i = 1$ до $i = N_i$, могут быть построены зависимости вероятности поражения от выноса торпеды и скорости цели, показанные на рисунке 1.

Пользуясь этими зависимостями, можно найти значения выноса и вероятности поражения, отвечающие максимуму соответствующих кривых. Последнее даст возможность определить в функции от скорости оптимальный вынос $B_{opt} i (V_{цi})$, ($i = 1...N_i$) и вероятность поражения $P_i (V_{цi})$, отвечающую этому выносу. Первая из этих зависимостей (рисунок 2) определяет целесообразное поведение самолета (вертолета), вторая (рисунок 3) – эффективность торпеды, отвечающую данной скорости и поведению цели.

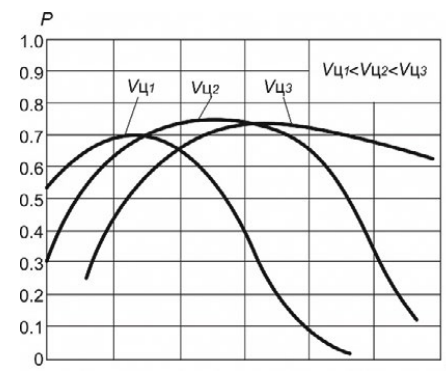


Рисунок 1 – Зависимость вероятности поражения от выноса торпеды

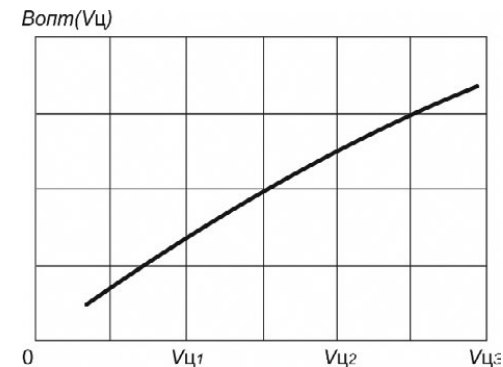


Рисунок 2 – Зависимость B_{opt} от скорости цели

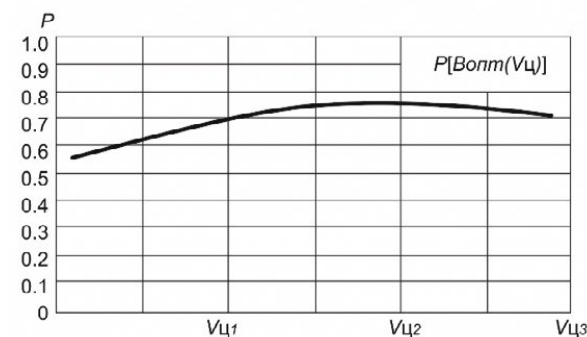


Рисунок 3 – Зависимость вероятности поражения от скорости цели при оптимальном выносе

Если распределение V_u задано, например плотность вероятности $f_i(V_u)$, то эффективность торпеды, отвечающая i -му манёвру цели, может быть найдена путём вычисления интеграла

$$P_i = \int_{v_{\min}}^{v_{\max}} P_i(V_u) f_i(V_u) dV_u \quad (7)$$

Если же помимо $P_i(V_u)$ вероятности q_i того или иного поведения цели известны, то по формуле

$$P = \sum_{i=1}^{N_i} P_i q_i \quad (8)$$

может быть вычислена полная эффективность. Однако исследователь обычно не располагает такой информацией. Поэтому в большинстве случаев ограничиваются вычислением оптимальных выносов $B_{\text{опт}} i(V_u)$ и критерия эффективности в виде вероятности $P_i(V_u)$.

5.2 Критерий эффективности авиационных торпед и боевых частей ракетно-торпедного комплекса в процессе их проектирования

Рассмотрим выбор критерия эффективности торпеды в условиях, когда параметры комплекса не заданы. Основной задачей исследования в данном случае является предварительное определение параметров торпеды. При решении этой задачи,

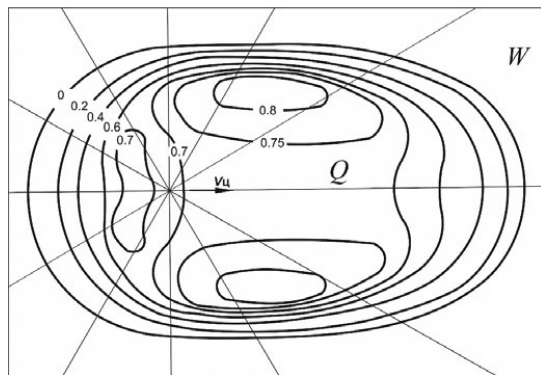


Рисунок 4 – Области, ограниченные линиями равных вероятностей $P > 0$

вообще говоря, важно знание не столько параметров комплекса, сколько зависящих от этих параметров распределение координат точек приводнения торпеды относительно цели. Поэтому более точной формулировкой задачи является следующая: выбор параметров торпеды в условиях, когда распределение координат точек приводнения не задано.

Очевидно, что, независимо от того, задано или нет распределения координат точек приводнения, любая оценка эффективности торпеды должна опираться на зависимость вероятности поражения от положения указанной точки. Эта зависимость, можно сказать, является первичной характеристикой эффективности торпеды.

Весьма наглядной формой представления этой зависимости является построение линий равной вероятности. Имея семейство таких линий (рисунок 4), можно каждой точке приводнения сопоставить определённую вероятность поражения. Распределение вероятности поражения на множестве точек приводнения можно представить также в дискретном виде путём разбиения всей площади, в пределах которой $P > 0$, на элементарные площадки S_{ij} , определяя и присваивая каждой из них соответствующую вероятность поражения P_{ij} (рисунок 5).

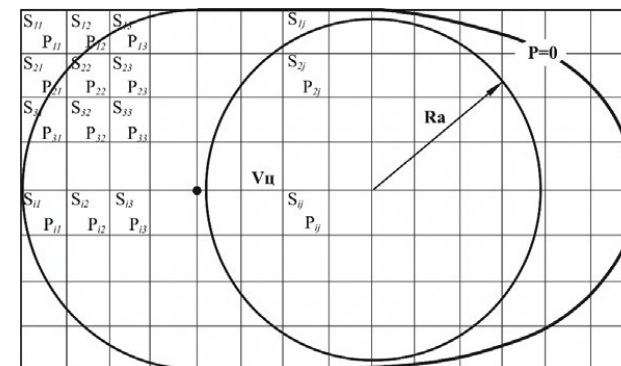


Рисунок 5 – Область возможного поражения цели разбита на элементарные площадки

Обе описанные формы представления вероятности поражения в функции от координат точек приводнения, очевидно, полностью определяют потенциальные возможности торпеды. Однако ни семейство линий равной вероятности, ни множество не может служить критерием эффективности. Определяется это в основном двумя обстоятельствами.

Первое состоит в том, что они требуют большого объёма вычислений, что затрудняет их использование при оптимизации параметров, а второе, принципиальное, в том, что они не удовлетворяют требованию упорядоченности. Действительно, может случиться так, что при изменении каких-либо параметров торпеды вероятность поражения для некоторых точек или некоторых элементарных площадок возрастает, а для других уменьшается. В этом случае, не высказав каких-либо дополнительных предположений, например не приписав каждой из элементарных площадок S_{ij} какой-либо вероятности приводнения, нельзя установить, какая из торпед хуже, а какая лучше.

Известное распространение в качестве частного критерия эффективности получила вероятность поражения цели $P_{кр}$, найденная в предположении, что точки приводнения торпеды распределены равно-

вероятно в пределах круга с центром в точке нахождения цели в момент приводнения, радиус которого равен радиусу реактивирования ССН.

Численная оценка критерия $P_{кр}$ может быть найдена по формуле:

$$P_{кр} = \int_0^{2\pi} \int_0^{R_a} P(q,r) f(q,r) r dq dr, \quad (9)$$

где q – курсовой угол цели; r – дистанция от цели до торпеды; $f(q,r)$ – плотность, отвечающая равномерному распределению торпеды в пределах площади круга.

Использование этой формулы требует знания зависимости $P(q,r)$. Получение этой зависимости сопряжено с большими трудностями. Гораздо проще критерий $P_{кр}$ может быть подсчитан как сумма вероятностей P_{ij} , отвечающих тем элементарным площадкам S_{ij} , которые находятся в пределах рассматриваемого круга. Однако ещё более рациональным способом вычисления критерия является его определение с помощью метода статистических испытаний по формуле:

$$P_{кр} = \frac{N_{ppe}}{N}, \quad (10)$$

где $N_{рез}$ – число результативных испытаний; N – число испытаний, проведенных при равномерном распределении точек при-

воднения по площади соответствующего круга.

Может быть использован также критерий PB , отличающийся от предыдущего тем, что центр круга смещён на величину B (вынос) по курсу цели. Критерий $P_{кр}$ можно рассматривать как частный случай критерия PB , отвечающего значению $B = 0$.

Достоинством критериев $P_{кр}$ и PB является их простота, однако они не лишены нескольких серьёзных недостатков.

Недостатком этих критериев является, в частности, то, что они не чувствительны к одному из основных параметров, характеризующих ССН, а именно к её радиусу реагирования R_a . Действительно, критерии $P_{кр}$ и PB имеют в своей основе условную вероятность поражения цели, оказавшейся в круге радиуса R_a , но не учитывают размер этого круга. Поэтому может случиться, что уменьшение R_a при прочих равных условиях не только не повлечет за собой уменьшение критериев, но и наоборот, ввиду сокращения средней дистанции обнаружения цели и, следовательно, требуемого для её догона энергоресурса, будет сопровождаться его ростом. Таким образом, окажется нарушенным одно из основных сформулированных выше требований о соответствии между величиной критерия и способностью исследуемой торпеды решить поставленные задачи.

Из сказанного следует, что в тех случаях, когда радиус реагирования R_a относится к числу варьируемых параметров, от критериев $P_{кр}$ и PB следует, безусловно, отказаться. К числу критериев, достаточно чувствительных к R_a , относятся некоторые критерии типа математического ожидания.

Исследование критериев этого типа оправдано тем, что торпеды принадлежат к числу массовых видов оружия и применяются в разных условиях против разных целей.

Полагая распределение точек приводнения по-прежнему равномерным, примем, что число торпед N_m , приводнивших-

ся в пределах рассматриваемой области, пропорционально или, для определённости полученных оценок, равно площади этой области. Тогда в соответствии с формулой $M = PN_m$ математическое ожидание числа пораженных целей выражается формулой

$$MB = \pi R^2 PB \quad (11)$$

Величина MB , очевидно, свободна от недостатка критерия PB , заключающегося в нечувствительности к R_a .

Однако как критерию PB , так и величине MB , которая также может быть принята в качестве критерия, присущ ещё один недостаток, заключающийся в их недостаточной представительности. Действительно, цель может быть поражена не только в случае приводнения торпеды в пределах произвольно расположенного круга, но и при приводнении торпеды в любой точке области, ограниченной изопробой $P = 0$. Поэтому в качестве частного критерия эффективности боевой части ракетно-торпедного комплекса целесообразно принять вероятность поражения цели P_0 при равномерном распределении точек приводнения торпеды в пределах области Q , ограниченной линией равной вероятности $P = 0$, т.е. в области, где вероятность поражения цели больше нуля (рисунок 4):

$$P_0 = \int_0^{2\pi} \int_0^{R(q)} rP[q, r(q)] f[q, r(q)] dq dr, \quad (12)$$

где $R(q) = R(q/p=0)$.

С точки зрения простоты вычислений оценку критерия P_0 , как и критерия $P_{кр}$, удобно производить по методу статистических испытаний.

Критерий P_0 не учитывает размеров области Q . По аналогии с критерием MB можно ввести в рассмотрение критерий

$$M_0 = P_0 Q \quad (13)$$

Критерий M_0 представляет собой математическое ожидание числа пораженных

целей при условии, что на единицу площади области приводняется в среднем одна торпеда.

Преимущество критерия M_0 по сравнению с критерием M_a и P_0 состоит в том, что он значительно более полно оценивает потенциальные возможности торпеды. Этот критерий необходим при сравнении вариантов торпеды с различными R_a акустических ССН.

Критерий M_0 обладает важным с точки зрения его вычисления свойством, определяемым формулой

$$M_0 = P(W)SW \quad (14)$$

Здесь W – произвольная область, содержащая внутри себя область Q ; Sw и $P(w)$ – соответственно площадь области W и вероятность поражения цели при равномерном распределении точек приводнения в пределах этой области.

В качестве области W может быть принята, в частности, прямоугольная (рисунок 4).

Справедливость формулы (14) следует из аддитивности математического ожидания. В самом деле, обозначив величины, определяемые формулами (13) и (14), соответственно через $M_0(Q)$ и $M_0(W)$, на основании свойств аддитивности получим:

$$M_0(W) = M_0(Q) + M_0(W-Q) \quad (15)$$

Но за пределами области Q вероятность поражения цели равна нулю, поэтому:

$$\frac{M_0(W-Q)}{M_0(W)} = \frac{M_0(Q)}{M_0(W)} \quad (16)$$

Пользуясь формулой (14), можем не определять точных границ области, внутри которой вероятность поражения больше нуля.

В некоторых случаях сформированные выше критерии эффективности, ос-

нованные на вероятностной мере, не позволяют в достаточной степени выявить относительное предпочтение при сравнительном анализе вариантов торпед.

Иногда варианты, отличающиеся друг от друга по ТТХ, оказываются эквивалентными при сравнении по одному из выше названных критериев ($P_{кр}$, P_0 и т.д.), так как значение показателей эффективности существенно отличается друг от друга. В этом случае для выявления предпочтения требуется более тонкий анализ, основой которого могут служить дополнительные интегральные критерии, одновременно учитывающие как уровень достижимой вероятности, так и быстродействие оружия. В качестве такого дополнительного критерия может быть использован критерий t_{cp} – среднее время поиска и преследования цели:

$$t_{cp} = \frac{1}{N_{рез}} \sum t_{i пор}, \quad (17)$$

где $t_{i пор}$ – время поражения цели в i -ом испытании; $N_{рез}$ – число результативных испытаний. Предпочтение отдаётся тому варианту, у которого среднее время (математическое ожидание) поражения меньше.

Все рассмотренные критерии эффективности исходят из предположения о равномерном распределении относительных координат цели и торпеды по площади некоторой области. Предположение о равномерном распределении возможных положений цели является в теории поиска во многих случаях основным. Утверждается, что при отсутствии предварительных сведений о месте объекта поиска, а также в случае, если после получения предварительных сведений пошло значительное время, распределение следует считать равномерным, поскольку нет никаких оснований оказывать предпочтение одной точке района перед другими.

Поэтому при отсутствии иных данных о распределении относительных координат в условиях предварительного рас-

смотрения задачи оптимизации параметров торпеды гипотеза о его равномерности является, несомненно, удовлетворительной.

6 МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОРПЕДЫ

Поиск цели является важнейшим этапом боевого использования торпед, во многом определяющим их эффективность.

Эффективность поиска зависит от тактико-технических характеристик торпеды (V, E и R_d), параметров и алгоритмов поиска и работы гидроакустической аппаратуры торпеды, распределения начального положения цели и торпеды, типа цели и стратегии её поведения и т.д.

Прямая вероятностная имитационная статистическая модель процесса поиска предусматривает в каждом испытании:

- определение начального положения цели и торпеды;
- моделирование движения торпеды, цели и приборов помех (если они используются);
- моделирование работы акустической аппаратуры;
- определение относительного положения цели (имитатора) и торпеды в любой момент времени;
- проверку достаточности энергоресурса торпеды для догона цели в процессе самонаведения.

В результате моделирования в каждом испытании (реализации) устанавливается, произошло ли обнаружение и догон цели. По совокупности результатов серии испытаний, проведенных при заданном распределении начальных положений цели и торпеды и фиксированных параметрах торпеды, вычисляется значение критерия эффективности, отвечающие принятым параметрам.

Проведение ряда таких серий позволяет осуществить оптимизацию параметров торпеды, от которых зависит эффективность поиска. Окончательный выбор

параметров конкретной торпеды и оценка её эффективности в процессе проектирования производится после исследования процесса преследования цели (в режиме самонаведения либо автоприцеливания).

В прогнозных исследованиях естественно ограничиться проверкой достаточности энергоресурса торпеды для догона обнаруженной ПЛ-цели.

Принципиальная блок-схема модели оценки эффективности торпед представлена на рисунке 6.

Каждая серия испытаний начинается с задания в блоке 1 начальных данных на моделирование. Это прежде всего:

- данные по изделию (скорость, дальность и глубина хода, количество режимов скорости, величина радиуса реагирования ССН, раствора ХН в вертикальной и горизонтальной плоскостях в излучении и приеме, алгоритм работы ССН, алгоритмы поиска и самонаведения);
- данные по типу цели (максимальная скорость хода и глубина погружения, ускорение при наборе скорости, характер маневра уклонения и т. п.);
- данные по начальному положению изделия и цели в момент залпа (дистанция между изделием и целью, начальные распределения скорости, курса и глубины хода цели). Начальные координаты цели и торпеды задаются в соответствии с имеющейся на данной стадии проектирования информацией о дальности и точности целеуказания для тяжелых торпед, либо точности целеуказания и точности приводнения для авиационных торпед;

- данные по объему информации о цели, располагаемой на борту носителя (дистанция и пеленг на цель, её скорость и курс), и способу стрельбы (НМЦ, УНЦ, ОВП цели, уклоняющейся от залпа или шумов торпеды), количеству торпед в залпе;
- данные по точности целеуказания (ошибки в измерении дистанции, пеленга, скорости и курса цели).

В блоке 2 с учетом заданных ошибок

целеуказания формируется исходная ин-

формация о цели в зависимости от способа стрельбы и производится расчет элементов торпедной стрельбы аналогично тому, как это производится в торпедной части БИУС. Для каждого из способов стрельбы рас-

чет стрельбовых величин включает в себя определение медианы залпа, параметров, задающих траекторию движения торпеды (угол ω), и время включения ССН T_{CH} . В блоке 3 производится расчет ко-

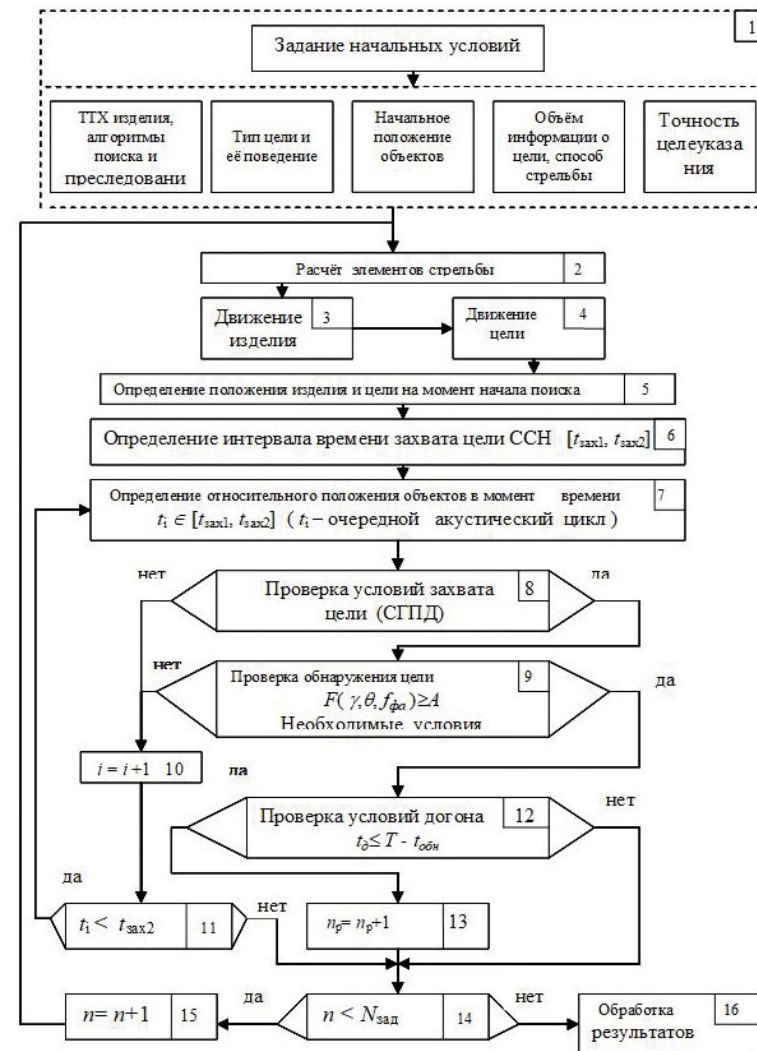


Рисунок 6 – Блок-схема имитационной модели

ординат торпеды в функции от времени на этапах разведки, сближения, поиска и преследования.

В блоке 4 определяются координаты и параметры движения цели на любой момент времени.

В блоке 5 определяются относительные координаты цели и торпеды на момент начала поиска.

В блоке 6 определяется интервал времени $[t_{\text{зах1}}, t_{\text{зах2}}]$, в течение которого цель находится в пределах области захвата, формируемой гидроакустической системой СН с учетом поисковой «змейки».

Размеры области захвата определяются радиусом реагирования акустической аппаратуры R_a , раствором углов ХН в вертикальной и горизонтальной плоскостях и максимальными углами отворота торпеды по курсу и дифференту в процессе поиска.

В блоке 7 формируются относительные координаты цели и торпеды в момент очередного акустического цикла $t_i \in [t_{\text{зах1}}, t_{\text{зах2}}]$. Они используются для проверки необходимых условий обнаружения.

В блоке 8 в каждом цикле проверяются условия захвата. Захват происходит, если:

1) расстояние между целью и торпедой d меньше максимального радиуса реагирования ССН

$$d \leq R_{\text{amax}}$$

2) угол γ_r между генеральным курсом торпеды и проекцией на горизонтальную плоскость направления от торпеды на цель должен быть по абсолютной величине меньше половины угла раствора ХН в горизонтальной плоскости α_r :

$$|\gamma_r| \leq \alpha_r$$

3) угол γ_B между генеральным курсом торпеды и проекцией на вертикальную плоскость направления от торпеды на цель должен быть по абсолютной величине меньше половины угла раствора ХН в вертикальной плоскости γ_B :

$$|\gamma_B| \leq \alpha_B$$

В случае выполнения всех условий захвата происходит переход к проверке достаточного условия обнаружения (блок 9), в противном случае – к проверке условий

захвата в следующем цикле (переход через блок 10 и 11 к блоку 7).

Такой подход, при котором в начале проверяются простые условия захвата, а уже затем, если они выполнены, трудоемкое условие обнаружения, позволяет существенно сократить время расчетов.

В блоке 9 проверяется условие обнаружения. Обнаружение происходит, если выполняется неравенство

$$F_1(\alpha_{\text{ухз}}) \cdot F_1(\alpha_{\text{уп}}) \cdot f_{\text{фа}} \geq A,$$

где $F_1(\alpha_{\text{ухз}})$ и $F_1(\alpha_{\text{уп}})$ – уровни облучения и соответственно приема отраженного сигнала в данном цикле; $f_{\text{фа}}$ – случайная величина, вычисляемая в каждом цикле, имитирующая случайные флуктуации порогового устройства аппаратуры; A – пороговое значение.

В случае выполнения первого неравенства в этом же блоке производится окончательная проверка нахождения цели в пределах радиуса реагирования. Проверяется второе неравенство

$$d \leq R_a(q_i)$$

Радиус реагирования представляется в этом случае как функция курсового угла цели на торпеду q_i .

Функция $R_a(q_i)$ задается в любом удобном виде (аналитически, графически, таблицей) и выражает зависимость R_a не только от цц, но и других факторов (типа ПЛ, наличие или отсутствие ППП, гидрологических условий, особенности системы самонаведения и т. д.).

Если оба условия обнаружения вычислены в блоке 12, проверяется условия догона $t_{\text{дог}} \leq T - t_{\text{обн}}$, в противоположном случае осуществляется переход к проверке всех условий в следующем акустическом цикле если $t_i < t_{\text{зах2}}$, либо к следующему испытанию, если $t_i > t_{\text{зах2}}$.

Путь, проходимый торпедой, и время догона $t_{\text{дог}}$ вычисляются путем численного интегрирования вдоль кривой, по которой движется торпеда. Направление вектора скорости торпеды определяется в соответствии со способом самонаведения, реализуемым в данной торпедой, и в течение шага интегрирования Δt считается постоянным. Если время догона не превосходит оставшийся

энергоресурс торпеды, испытание считается результативным и учитывается в счетчике результативных испытаний (блок 13). Далее осуществляется переход к блоку 14.

В блоке 14, если число проведенных испытаний n меньше заданной величины серии $N_{\text{зад}}$, осуществляется переход к следующему испытанию (через блок 15 к блоку 2), в противном случае – к обработке результатов (блок 16).

В блоке 16 оценивается вероятность обнаружения и попадания в цель, минимальное, максимальное и среднее время обнаружения и догона.

Приведенная схема является типовой, но отнюдь не единственно возможной. Она может быть использована с небольшими добавлениями и соответствующей корректировкой параметров как при серийном использовании торпеда-цель, так и при применении целью средств ГПД.

В последнем случае, рассмотрев последовательно каждый из этих объектов, следует установить, для какого из них достаточные условия выполняются раньше, и именно этот объект считать обнаруженным в данном испытании.

ВЫВОДЫ

С использованием вышеописанной методики, своих компьютерных программ и моделей сектор оценки эффективности МПО принимал активное участие в таких

значимых работах, как «Пилон», «Сияние», «Плавун», «Модуль-Д», «Ломонос», «Версия», «Кант», «Обоснование-2025», «Гавань-Гейзер» и «Гид-Гейзер», «Медведка-М», «Цефалопод-МТМ», «Яшма-АП» и др.

В инициативном порядке на основе анализа состояния и перспектив развития зарубежного МПО в секторе проведены исследования и разработаны предложения, направленные на повышение эффективности и боевой устойчивости отечественных подводных лодок. По результатам этих работ получены патенты № 2276486, № 2276486 «Браслет», № 2446648 «Бриллиант», № 2460260 «Вензель», № 2465756 «Ветер». Подготовлены материалы, одобренные на НТС института, и поданы заявки на изобретение способа наведения авиационной торпеды на ПЛ с использованием лазерных технологий и программно-комбинированного способа поиска ПЛ авиационной торпедой, сброшенной ЛА на боевом курсе в точке с недолетом до центра ОВНЦ на заданном расстоянии.

Сектор оценки эффективности провел анализ современного состояния МПО вероятного противника и возможных боевых тактических ситуаций, а также разработал предложения в раздел «Повышение эффективности боевого использования МПО подводными лодками ВМФ РФ» комплексной НИР, проведенной в 2018 году НИУ ВМФ РФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методика оценки эффективности минно-торпедного оружия и ГПД (1-й этап НИР «Вера-МСП-МТ»). – НПО «Уран», 1970.
2. Гаррет Р, Лондон Дж. Основы анализа операций на море. – М.: МО СССР, 1974.

д.т.н. В.В. СИДОРЕНКОВ, к.т.н. К.В. ЖМУРИН,
к.т.н. К.Ю. РОЖИН

БЕЗЭКИПАЖНЫЕ КАТЕРА С ГИДРОЛОКАТОРОМ БОКОВОГО ОБЗОРА

Принятие на вооружение кораблей проекта 12700 и 2235 ВМФ противоминного робототехнического комплекса Diamand с БЭК Inspector Mk 2 производства французской фирмы ECA порождает много вопросов о целесообразности таких закупок. Альтернативой иностранному комплексу стал отечественный БЭК с ГБО, созданный по ОКР «Сканда». В статье дана оценка возможности и эффективности применения БЭК с гидролокатором бокового обзора в противоминных действиях. Показаны их место и роль в организации противоминной обороны пунктов базирования сил флота.

Морские робототехнические комплексы военного назначения (РТК ВН) представляют собой новое направление в развитии сил и средств флота. Они призваны заменить корабли в решении комплекса сложных задач, связанных с высокой степенью риска гибели корабля и потерь личного состава. Противоминные безэкипажные катера (БЭК) относятся к таким средствам. В настоящее время сформировалось несколько направлений их применения. Одно из них реализуется как ведение противоминных действий совместными тральщиками проекта 12700 (рисунок 1).

Тральщики проекта 12700 – это новое поколение кораблей противоминной обороны. Головной корабль серии – «Александр

Обухов» получил на вооружение противоминный комплекс Diamand с БЭК Inspector Mk 2, разработанный французской фирмой ECA (рисунок 2).

Фирма ECA в начале 2000-х гг. являлась одной из ведущих и авторитетных в создании противоминных систем. Противоминный необитаемый подводный аппарат (НПА) PAP-104 разработан этой фирмой. Но в последние годы произошла смена имиджа, и фирма уделяет больше внимания рекламе, чем развитию высоких технологий. Разработанный ею БЭК Inspector Mk 2 на вооружение ВМС Франции так и не принят, коммерческого успеха на рынке не имеет, за исключением предложений по поставке данного робототехнического комплекса для ВМФ РФ.



Рисунок 1 – Морской тральщик проекта 12700



Рисунок 2 – Безэкипажный катер Inspector Mk 2

При этом есть ряд свидетельств о негативном отношении флота к комплексу БЭК Inspector Mk 2 [1-3]. С момента решения вопроса закупки до момента поставки безэкипажный катер увеличился в размерах с 7 метров сначала до 8,5, а затем до 9,5 метров, после чего его размещение на корабле «Александр Обухов» стало проблематичным. Много вопросов вызывает импортный канал связи в отношении возможности перехвата управления и подмены информации. Подобная ситуация имела место с беспилотными летательными аппаратами: был потерян беспилотник ВС РФ импортной поставки с явными признаками перехвата канала управления. Есть ряд нареканий, связанных с эффективностью и применимостью безэкипажного катера в решении отдельных противоминных задач. Не устраивает и цена: три комплекса Diamand с БЭК Inspector Mk 2 оценивается в 10 млн. евро.

Специалисты высказывают мнение о том, что получаемые по импорту робототехнические комплексы не могут решить острейшую проблему противоминного обеспечения ВМФ прежде всего по финансовым причинам. Флоту нужны массовые и эффективные отечественные системы.

В [4, 5] отмечается, что в настоящее время количество самостоятельных разработок БЭК для ВМФ РФ приближается к десятку, а промежуточным решением стал отечественный БЭК, созданный под шифром «Сканда» на базе быстроходной лодки БЛ-680 с гидролокатором бокового обзора

ГБОЭ-ШПС «Неман». Это решение считается промежуточным по ряду причин, связанных с недостатками БЭК и ГБОЭ-ШПС «Неман».

Как сообщают источники, БЭК «Сканда» неоднократно проходил испытания, в том числе и межведомственные, которые прерывались по погодным и другим причинам. По этому поводу авторы иронично отмечают, что «море – не испытательный бассейн. С учетом этого фактора... надо осуществлять выбор схемы применения БЭК... учитывая границы его эффективности и резкого снижения возможностей применения гидролокатора бокового обзора (ГБО) по погодным условиям» [4, 5].

Согласно принятой модели, БЭК с ГБО предполагается привлекать к ведению разведывательного поиска мин на фарватерах, рекомендованных курсах и других миноопасных районах, контролируемых морскими тральщиками проекта 12700. (Базовым проект 12700 можно было бы называть при водоизмещении 400-600 т. Тральщики с водоизмещением 890 т переходят в подкласс морских тральщиков.) Это, как правило, открытые участки акваторий, где даже при слабом ветре образуется легкое и умеренное волнение в 3-4 и более баллов.

Мореходность БЭК с ГБО ограничена волнением моря в 2-3 балла. Но даже при слабом (менее 2 баллов) волнении моря имеет место килевая и бортовая качка, рыскание БЭК по курсу, влияющие на работу ГБО.

На рисунке 3 представлено трансли-

руемое с БЭК акустическое изображение донной поверхности после вторичной обработки диаграммы ГБО с выводом на планшет и привязкой к географическим координатам. На акустическом изображении видны пропуски по всей ширине диаграммы, формируемой ГБО.

Пропуски являются следствием резких изменений ориентации оси диаграммы направленности ГБО, вызванных качкой и

рысканием БЭК. В таких условиях узкая в $1,5^\circ$ диаграмма направленности на излучение и в $2,5^\circ$ на прием не может обеспечить полного сканирования донной поверхности.

Оператор ведет наблюдение за работой ГБО по акустическому изображению, показанному на рисунке 4, где пропуски не видны, а общая размытость изображения воспринимается как ровная поверхность дна.

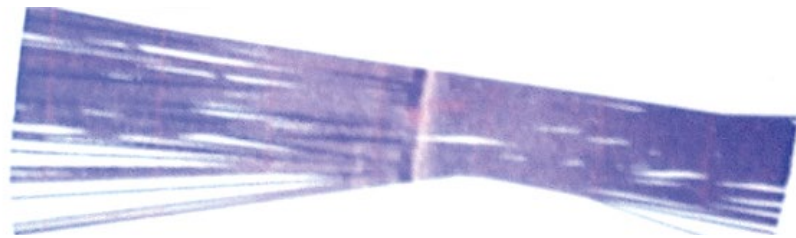


Рисунок 3 – Диаграмма поверхности дна, формируемая ГБО. Акустическое изображение после вторичной обработки с выводом на планшет и привязкой к географическим координатам

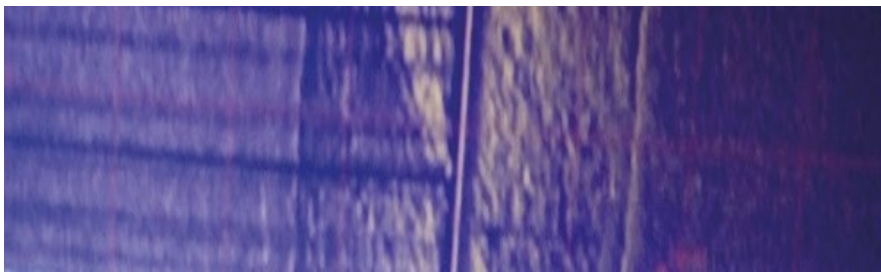


Рисунок 4 – Диаграмма поверхности дна, формируемая ГБО. Акустическое изображение донной поверхности, наблюдаемой оператором

Для стабилизации оси диаграммы направленности можно было бы использовать гироскоп горизонта в электронном исполнении. Это в определенной мере снизит остроту проблемы пропусков и искажений акустического изображения в условиях качки и рыскания БЭК, но полностью проблему не устранил.

Мореходность быстроходной лодки БЛ-680, на базе которой создан БЭК, не

превышает 4 балла. Поэтому она не может обеспечить ведение систематического разведывательного поиска мин тральщиками проекта 12700. Районы ведения противоминных действий морскими тральщиками – это, как правило, открытые районы.

Предлагаемая модель использования комплекса БЭК на базе быстроходной лодки БЛ-680 с ГБО предполагает ведение систематического и контрольного разведывательного

поискового поиска мин в пунктах базирования сил флота, а именно в местах стоянки кораблей и подводных лодок. Это, как правило, закрытые бухты и гавани, куда не доходят морские (океанские) волны, и даже при сильном ветре балльность моря оценивается как слабое или умеренное волнение.

Традиционным минно-заградительным силам противника трудно вести по-

становку мин в закрытых бухтах и гаванях, используемых для базирования сил флота, но автономные обитаемые подводные аппараты (АНПА) могут решать подобные задачи. Поэтому проблема контроля минной обстановки у пирсов, причалов и прилегающей к ним акватории становится актуальной (рисунок 5).



Рисунок 5 – Причал с пирсами в бухте Крашенинникова

В руководящих документах места базирования в противоминном отношении отнесены к первоочередным. В них должны проводиться противоминные действия по поиску и уничтожению мин в полном объеме и по всей площади. Вместе с тем постановка тральщиками корабельных противоминных средств и маневрирование с ними в стесненных условиях мест стоянки затруднительна или невозможна.

БЭК «Сканда» способен вести разведывательный поиск мин в стесненных условиях. Он создан на базе быстроходной лодки БЛ-680 жесткого исполнения с надувными бортами (рисунок 6). БЛ-680 может осуществлять поиск мин, маневрируя не только на фарватерах бухт и гаваней, но и вдоль пирсов, борта кораблей, стоящих на якорю и швартовых.

Навигация БЭК осуществляется по спутниковой системе ГЛОНАСС и GPS. Инерциальная навигационная система БЭК обеспечивает только удержание катера по курсу с точностью $0,3^\circ$ в течение 1 часа хода. Гидроакустический лаг в навигационной системе не предусмотрен. Поэтому в военное время при отсутствии спутниковых систем навигации дрейф катера, вызванный ветром и течениями, учитываться не будет. Как следствие, возникнут пропуски в поисковых полосах. В местах стоянки корабельной задачи навигации выполнить значительно проще и с меньшими затратами.

Кроме того, на акустическом изображении донной поверхности в центре полосы обзора ГБО имеет место не просматриваемая «мертвая» зона, которая проявляет себя как пропуск в поисковой полосе. Это

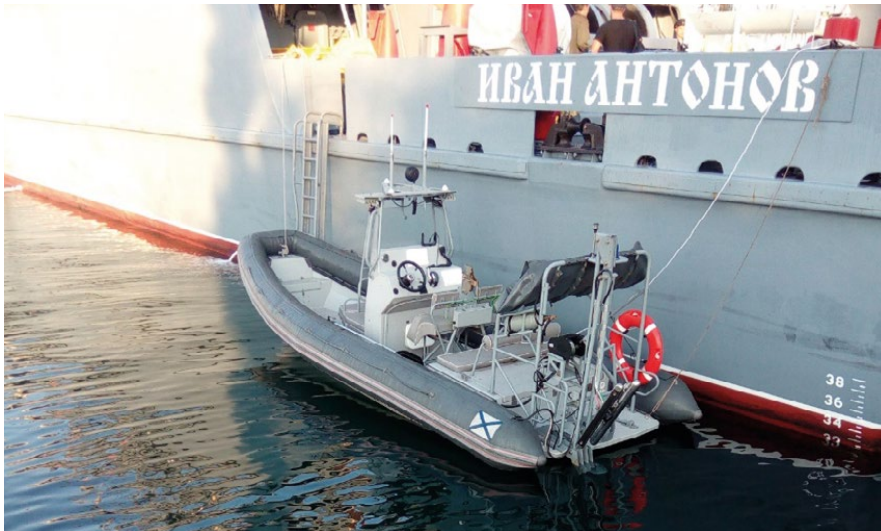


Рисунок 6 – БЭК с ГБО, созданный на базе быстроходной лодки БЛ-680

недостаток всех ГБО. Его устраняют путем повторного галса с целью покрыть пропуск, а значит, при расчете поисковой производительности будет учитываться только половина от заявленной ширины полосы поиска.

Широкополосный ГБОУ-ШПС «Неман» не подтвердил заявленных характеристик ни по дальности, ни по разрешению. Наклонная дальность ГБОУ-ШПС «Неман» фактически недостижима при поиске донных мин, которые применяется в районах с глубинами от 5-10 м до 40-50 м. ГБОУ-ШПС «Неман» и другие ГБО, разработанные АО «НИИ приборостроения им. В.В. Тихомирова», обеспечивают максимальную дальность лоцирования, равную 10 глубинам в районе. Следовательно, в районе с глубиной в 50 м можно получить наклонную дальность до 500 м, а в районах с глубиной 30 м только 300 м. Заявленную дальность 800 м получить в таких районах не представляется возможным. Для получения дальности в 10 глубин антенны гидролокаторов разворачиваются на максимальный угол, при котором от возвышенностей на дне отбрасывается акустическая тень,

маскирующая находящиеся за возвышенностью донные мины.

По мнению специалистов, оптимальным является разворот антенн ГБО, обеспечивающий дальность, равную 5 глубинам в районе. При таком развороте образуется «мертвая зона» минимальной ширины и по всей ширине поисковой полосы обеспечивается приемлемое разрешение по дальности.

Возможно, для задач поиска донных мин предпочтительнее будет разработанная тем же НИИ приборостроения ГБОУ-500. Частота излучения этого гидролокатора 430 кГц на левый борт и 520 кГц на правый. Следовательно, и разрешающая способность у него должна быть выше, чем у ГБОУ-ШПС «Неман», который работает на средней частоте 112 кГц в полосе частот от 75 кГц до 150 кГц.

Как заявляет разработчик, разрешение ГБОУ-500 по дальности составляет 1 см. Если это разрешение подтвердится, то данный ГБО может применяться в целях поиска мин в закрытых бухтах и гаванях.

Частота 500 кГц используется в по-

исковом автономном необитаемом аппарате АНПА «Галтель». По словам разработчиков, аппарат несет на своем борту двухчастотный ГБО, работающий на частотах 80 кГц и 500 кГц, и способен разглядеть объект размером со спичечный коробок, что значительно превышает возможности ГБОУ-ШПС «Неман».

Вызывает интерес специальное программное обеспечение автоматической классификации целей Triton противоминного комплекса Diamand с БЭК Inspector Mk 2. На рисунке 7 представлено отображение донной поверхности после обработки с помощью программы Triton.

В открытых публикациях [1-4] БЭК Inspector Mk 2 часто называют «рейдовым средством». Такое определение дается ему, очевидно, из-за его габаритов, низкой мореходности и способности вести противоминные действия только в закрытых от морских волн акваториях. С этим можно согласиться, тем более что БЭК Inspector Mk 2 оборудован буксируемым ГБО большой разрешающей способности для работы в районах с глубинами от 10 до 100 м и интерферометрическим гидролокатором для работы в районах с глубинами от 2 до 10 м [7].

Вместе с тем есть серьезные основания полагать ошибочность концепции и замысла применения БЭК с ГБО в целом.

В [6] сообщается о том, что противоминный комплекс Diamand с БЭК Inspector Mk 2 проходит испытания на фрегате проекта 22350 «Адмирал флота Касатонов». Разместить БЭК Inspector Mk 2 на фрегате можно, там больше места, чем на тральщике проекта 12700, но как обеспечивать работу БЭК? Неужели многомиллиардный корабль будет стоять у пирса, обеспечивая работу катера, вместо того чтобы решать задачи по своему боевому предназначению? Для этих целей достаточно поставить на пирсе КУНГ и разместить в нем аппаратуру противоминной системы Diamand, тем более что работает система в радиоканале на дальность до 10 км.

Попытки возложить на любой БЭК с ГБО решение не свойственных для него задач, например связанных с противоминным охранением кораблей в ходе их оперативного развертывания, ведением разведывательного поиска мин на фарватерах и маршрутах перехода в открытых районах ближней и дальней морских зонах и др., обязательно столкнутся с низкой поисковой

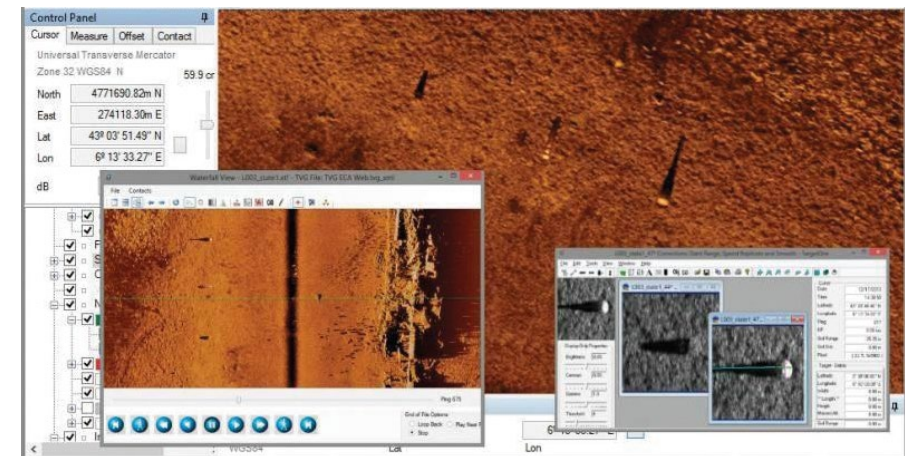


Рисунок 7 – Работа программы Triton

скоростью БЭК (3-4 узла), ограничениями применения, связанными с волнением моря (2-3 балла), наличием не просматриваемой «мертвой зоны» в центре поисковой полосы и т.п.

ВЫВОДЫ

Привлечение АНПА к ведению минно-заградительных действий приведет к тому, что миноопасными станут районы, в которых традиционным минно-заградительным силам противника трудно вести постановку мин. Поэтому проблема кон-

троля минной обстановки у пирсов, причалов и прилегающей к ним акватории становится актуальной.

Вместе с тем постановка тральщиками корабельных противоминных средств и маневрирование с ними в стесненных условиях мест стоянки затруднительна или невозможна.

Противоминные РТК, созданные на базе БЭК с ГБО, смогут вести противоминные действия, маневрируя не только на фарватерах закрытых бухт и гаваней, но и вдоль пирсов, борта кораблей, стоящих на якоре и швартовых.

ЛИТЕРАТУРА

1. Какой безэкипажный катер нужен нашему флоту? – <https://army-news.ru>
2. Безэкипажный катер Inspector Mk 2 на Балтийске. – <https://topwar.ru>
3. A.V.Karpenko. <http://nevskii-bastion.ru/inspector-mk-2/>
4. Что не так с «новейшим» ПМК проекта 12700? – <https://topwar.ru/156497-cto-ne-tak-s-novejshim-pmk-proekta-12700.html>
5. Тральщики «Александрит» получают отечественные безэкипажные катера. – Российская газета. – 12.07.2019.
6. Испытания противоминного комплекса «Диаманд» на фрегате «Адмирал флота Касатонов». – <https://bmpd.livejournal.com/3696752.html>
7. Состояние и перспективы развития безэкипажных катеров. // Подводное морское оружие. – 2016.

УДК 623.9

к.т.н. М.З. НИСНЕВИЧ

ЮБИЛЕЙ УЧЕНОГО

К 90-летию Иона Гиршевича Льва



к.т.н., снс ЛЕВ Ион Гиршевич

21 февраля исполняется 90 лет Иону Гиршевичу Льву.

Закончив в 1954 году Ленинградский кораблестроительный институт по специальности инженер-механик, он начал трудовую деятельность на нашем предприятии в расчётно-теоретическом секторе. Занимаясь теорией и вычислительными методами, регулярно участвовал также в проведении разнообразных лабораторных и натурных морских испытаний разрабатываемых изделий.

В 1964 году после успешной защиты диссертации ему была присуждена степень кандидата технических наук, а затем присвоено звание старшего научного сотрудника.

Характерной чертой И.Г. Льва является профессиональный интерес к любым острым научно-техническим проблемам, встающим перед коллективом отдела, а также способность успешно решать эти проблемы. Иона Гиршевича отличает большая

внимательность, скромность и доброжелательность.

Ион Гиршевич является ведущим специалистом в области гидродинамики и гидроупругости буксируемых и опускаемых подводных систем. Он участвовал в разработке более 30 НИР и ОКР по тематике отделов 464 и 459. Автор свыше 170 научных трудов и изобретений, в том числе порядка 50 статей и докладов, инициатор и соавтор изданных коллективных монографий по гидродинамике привязных подводных систем, отмеченных наградами всероссийских выставок.

Нужно особо подчеркнуть стремление И.Г. Льва к сохранению накопленного опыта и передаче его молодому поколению сотрудников. С этой целью И.Г. Лев в разное время руководил аспирантами. Также им подготовлен и выпущен сборник, где подробно изложены теоретические основы, алгоритмы и полные тексты программ для ЭВМ, моделирующих динамику изделий, с

подробными комментариями и примерами расчёта.

И.Г. Лев всегда был и остаётся творчески активным и продуктивным работником. За последнее время выполнял работы по ряду тем. В 1971-1980 годах осуществлял научное руководство разработкой буксируемой системы корабельной ГАС, принятой на вооружение ВМФ РФ. С 2000 г. и по настоящее время при его непосредственном участии разработано целое семейство буксируемых устройств с гибкими протяженными буксируемыми антеннами для ГАС «Минотавр», два из которых успешно прошли государственные испытания и приняты для оснащения корветов пр. 20380 и 20385 и фрегатов пр. 22350.

В настоящее время И.Г. Лев выполняет важную научную работу – в предполагаемой к печати книге составляет раздел, посвященный гидродинамическим расчётам изделий на основе новых вычислительных программ.

За активную деятельность И.Г. Лев многократно отмечался благодарностью и почётными грамотами, награждён медалями «100-летие В.И. Ленина», «Ветеран труда», «300 лет Российскому флоту», нагрудным знаком отличия предприятия – медалью «За заслуги в создании морского подводного оружия». Имя Иона Гиршевича Льва занесено в Книгу Почёта ЦНИИ «Гидроприбор».

ВОСПОМИНАНИЯ УЧАСТНИКА СОЗДАНИЯ МЕДНО-МАГНИЕВЫХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА ДЛЯ ТОРПЕДНОГО ОРУЖИЯ

Памяти Игоря Павловича Островского

Статья посвящена тем, кто 40 лет назад начал работу по созданию медно-магневых торпедных источников тока, решив проблему замены серебра в водоактивируемых торпедных батареях.

В октябре 1977 г. я был назначен начальником лаборатории источников тока в 28 институте ВМФ. В течение месяца входил в курс дела и знакомился с подразделениями промышленности, которые занимались аналогичной тематикой. В ЦНИИ «Гидроприбор» источниками тока занимался сектор Игоря Павловича Островского.

В середине декабря 1977 года прибыл в УПВ ВМФ для представления заместителю начальника торпедного отдела капитану I ранга Людомуру Владимировичу Николаеву. Помимо общих вопросов, я был проинформирован о том, что с 1978 года начнутся работы по замене серебра в источниках тока торпед. Как мне сказал Л.В. Николаев, «этой работы хватит на всю службу в этой должности».

В январе вышло постановление о проведении НИР «Киви» и «Кварта», которыми предусматривалась замена серебра в торпедной батарее 561СМ. Одна работа была поручена ВНИАИ (Ленинград), а другая – ВНИИТ (Москва).

В воспоминаниях я сознательно не упоминаю полные названия различных постановлений и их номера, т.к. их было много. Эти решения выполнялись людьми, которым и посвящена настоящая статья.

Результаты работ были рассмотрены на НТС в 28 НИИ ВМФ в середине 1978 года. Основные выводы разработчиков:

– ВНИАИ представил электрод с напрессовкой порошка хлорида меди на медную сетку;

– ВНИИТ заявил о невозможности создания водоактивируемых батарей взамен серебросодержащих и одновременно подверг критике разработку коллег.

Тем не менее НТС решил принять за основу разработку ВНИАИ, однако рекомендовал доработать технологию изготовления электрода, ибо предложенная технология не годилась для серийного производства и последующей эксплуатации.

Медно-магниевые электроды были созданы при непосредственном участии генерального директора ЛНПО «Источник» Владимира Никодимовича Леонова, директора ВНИАИ (который входил в состав ЛНПО «Источник») Евгения Георгиевича Иванова, а также сотрудников ВНИАИ Евгения Абрамовича Беркмана, Евгения Васильевича Байрачного, Виктора Фёдоровича Глаголева, Александра Борисовича Поспелова, Наума Ароновича Штивеля и многих других сотрудников института.

В процессе разработки электродов был решён целый ряд научных, технологических и инженерных задач. Одной из главных задач была разработка технологии промышленного производства биполярных электродов.

Для электрода из хлорида меди использовано свойство хлорида меди находиться в двух фазах: жидкой при расплаве и твёрдой при остывании. При этом одновременно решались задачи стабильной работы электрода. Для этого использовались различные добавки. Следующая проблема – взводимость. Первые электроды имели

взводимость около 15 секунд. Были опробованы различные способы её снижения, и проблема была решена – взводимость была обеспечена в соответствии с требованиями ТЗ. Много усилий было затрачено на создание технологии нанесения сепарации на плоскость электрода.

Не менее проблемной была технология изготовления магниевого электрода. Помимо сложности технологии получения твёрдого магний-ртутного сплава в алюминиевой плакировке, сложность представляла технология прокатки, а также технология снятия плакировки с магний-ртутного сплава – знаменитого сплава «Анод». В процессе работы после введения той или иной добавки к основному наименованию «Анод» добавлялись различные буквенные значения. Эти работы возглавили специалисты Всесоюзного института лёгких сплавов (ВИЛС) Ольга Васильевна Деткова и Владимир Кириллович Король.

Все эти вопросы решались здесь, в Ленинграде и Москве, однако сборку серийных батарей 561М осуществлял завод «Уралэлемент» в г. Верхний Уфалей Челябинской области. Руководили этими работами директор завода Вениамин Васильевич Песков и Константин Герольдович Янюк. В это же время на заводе на практике работал аспирант Владимир Борисович Черепанов – будущий директор этого завода. В этот период был выполнен проект цеха по выпуску медно-магневых биполярных электродов и сборки батарей, закуплено и установлено оборудование, спроектированы и построены очистные сооружения, способные очищать продукты производства, имеющие в своём составе следы ртути. Было создано стендовое оборудование для испытания полноразмерных блоков электродов.

Поскольку в постановлении правительства была задана программа по выпуску значительного количества батарей, для проверки готовности завода к выпуску установленного количества батарей была создана комиссия в составе И.П. Остров-

ского и В.Г. Родченко. Комиссия провела обследование завода и дала положительную оценку готовности завода к предстоящей работе по выпуску необходимого количества медно-магневых батарей 561М.

Параллельно с вышеперечисленными работами предприятий Минэлектротехпрома и Минавиапрома большая работа проводилась в ЦНИИ «Гидроприбор» Минсудпрома, где, собственно, и создавались конструкции медно-магневых батарей для торпед: сначала для торпеды УСЭТ-80, а затем и для малогабаритных торпед типа УМГТ-1.

В создании конструкции батарей и обеспечении их стыковки с торпедами принимали участие начальник отделения Станислав Иванович Кузнецов, начальник отдела Вячеслав Семёнович Сильченков, главные конструктора торпед Александр Вадимович Сергеев и Виктор Абрамович Левин, их заместители Евгений Григорьевич Петров, Валентин Васильевич Огуречников.

Конечно, самая большая работа досталась сектору главного конструктора торпедных электрических ЭСУ И.П. Островского, где и рождались все конструкции батарей. Активное участие в работе принимали Тамара Владимировна Гордиенко, Ефим Золевич Котляр, Николай Алексеевич Ершов. Гидродинамика батареи была разработана Людмилой Васильевной Амфилохией. От военного представительства разработку батарей курировали Алексей Алексеевич Жуков и Сергей Сергеевич Дорутин.

От 28 НИИ ВМФ разработку сопровождали начальник отдела электрических торпед капитан 1 ранга Ростислав Григорьевич Красюков, заместитель начальника отдела капитан 1 ранга Юрий Сергеевич Богданов, начальник лаборатории капитан 2 ранга Валерий Георгиевич Родченко, снс Клавдия Фёдоровна Сиволодская.

Значительное время при разработке заняли натурные испытания в составе ма-

кетов торпед. Вначале на заводе в г. Феодосия – стрельба из решёток пристрелочной станции, из ТА опытового судна, а также из ТА подводной лодки. Эти испытания позволили выявить целый ряд технических и технологических недостатков, устранение которых позволило получить качественную и работоспособную конструкцию. Комиссии по проведению испытаний в г. Феодосии поочерёдно возглавляли И.П. Островский и В.Г. Родченко

При первой стрельбе из ТА опытового судна в конце дистанции не были обнаружены оба заборника, тем не менее торпеда прошла полную дистанцию и батарея не взорвалась. Отсутствие заборников показало, что медно-магниева батарея не так критична к потоку морской воды на дистанции, как серебряно-магниева батарея. Даже незначительный проток удаляет достаточное количество продуктов реакции при работе батареи. Анализ возможных причин показал, что причиной потери заборников явилось срабатывание концевого выключателя торпеды при начале её движения. Заборники открылись в трубе ТА и были срезаны обтюратором ТА. Обследование ТА опытового судна автором настоящей статьи это подтвердило. На этом основании ход концевого выключателя был существенно увеличен, и больше подобных дефектов не наблюдалось.

При очередной стрельбе и при подъёме торпеды в конце дистанции обнаружено отсутствие одного из заборников батареи. Случайный удар по оставшемуся заборнику и его отскок от конструкции батареи выявил некачественную сварку этого узла на заводе-изготовителе. На заводе была изменена технология сварки узла.

Поскольку работы проводились в авральном режиме, а стреляющие корабли и ПЛ выделялись с большой задержкой, И.П. Островский предложил способ стрельбы торпедами с водоактивируемыми батареями из решёток пристрелочной станции с использованием рвушек. При этом способе

стрельбы торпеда с открытыми заборниками батареи опускалась в воду, батарея действовала, двигатель запускался, и при наборе тяги определённого значения торпеда рвала рвушку и самовыходом покидала решётку. Первый выстрел был успешным. Торпеда нормально вышла и выполнила задание.

При втором выстреле торпеда также была опущена в воду, однако двигатель торпеды не запустился, торпеда осталась в решётке и батарея взорвалась, при этом носовая часть торпеды была вынесена метров на 40-50 от пристрелочной станции, а сама пристрелочная станция зашаталась. Автор статьи был свидетелем этого пуска и лично ощутил шатание пристрелочной станции, т.к. находился в её верхней части в пункте управления. В результате предложенный способ стрельбы был незаслуженно запрещён, хотя виновником происшедшего был брак подготовки торпеды – попадание тонкого провода в контакт между батареей и двигателем.

Окончательный этап испытаний проходил на Северном флоте. Учитывая важность проводимых работ, руководство Минсудпрома и командование ВМФ привлекли к их проведению главного инженера ЦНИИ «Гидроприбор» Анатолия Трофимовича Скоробогатова и начальника управления 28 НИИ ВМФ контр-адмирала Юрия Леонидовича Коршунова. Руководил стрельбой заместитель командира 33 дивизии ПЛ капитан 1 ранга Анатолий Иванович Шевченко (впоследствии вице-адмирал). Стреляли в декабре, когда светлого времени было всего 2-2,5 часа. В центральном посту перед рассветом А.И. Шевченко по радиосвязи выстраивал корабли обеспечения с использованием «солёных морских слов». На вопрос Ю.Л. Коршунова о необходимости использования крепких выражений прозвучал ответ: «Видишь ли, Юрий Леонидович, иначе не поймут!».

Испытания проводились на базе Первой флотилии подводных лодок в посёлке

Западная Лица. Вкратце опишу некоторые испытания, на которых происходили ЧП.

Так, при стрельбе из ТА АПЛ торпеда, по данным системы регистрации, шла на нерасчётном режиме, а в конце дистанции тонула. Анализ поднятой торпеды показал, что мешки системы спасения торпеды, которые должны срабатывать в конце дистанции, раскрываются в ТА, при этом защитные щитки остаются в ТА (один щиток был обнаружен в ТА). Причиной такого явления было расширение объёма оставшегося в мешках воздуха при резком наборе скорости движения торпеды в трубе ТА. При этом рвушки, которыми крепились предохранительные щитки, не были рассчитаны на такое дополнительное усилие. Для исключения подобных случаев были усилены рвушки и введено вакуумирование мешков при подготовке практической торпеды к выстрелу. Больше при проведении стрельб это явление не повторялось. Выявленная особенность поведения системы спасения и принятые технические решения по их ликвидации были введены в техническую документацию на практические торпеды УСЭТ-80.

При испытаниях медно-магнитных батарей в составе торпед УСЭТ-80 первый и последний раз услышал команду «Ой, не пли!». Дело было так.

Был подготовлен макет торпеды УСЭТ-80, в которой система регистрации включалась с помощью прибора установки режимов (ПУР) на торпедном аппарате. Стрельба проводилась из ТА АПЛ проекта 671РТМ.

В первом отсеке собрались три адмирала, пять капитанов 1 ранга и др. И все они инструктировали старшину команды торпедистов – что и как он должен делать. На вопрос, понял ли он, что должен делать, был ответ: «Так точно!» А делать он должен был следующее: по команде «Приготовиться к стрельбе» он должен был опустить ПУР, включить систему регистрации, поднять ПУР и дать команду «Пли!». По этой

команде командир БЧ-3 вручную произвёл выстрел из 1 отсека. Доступ к ПУР на ТА этого проекта ПЛ был затруднённым, к тому же старшина команды торпедистов обладал достаточно плотной фигурой. И вот когда из-за ТА раздалась команда «Пли!» и командир БЧ-3 произвёл выстрел, прозвучало: «Ой, не пли!». Как оказалось, старшина команды ПУР опустил, включил систему регистрации, но от волнения и растерянности (столько адмиралов!) ПУР не поднял! И торпеда с распоротым штоком ПУР корпусом затонула в точке залпа. Адмиральский эффект в полной мере!

Конечно, основное количество испытаний проведено успешно, получены результаты, которые позволили положительно оценить конструкцию медно-магнитных батарей 561М.

Таким образом, разработка медно-магнитной батареи для торпеды УСЭТ-80 была успешно завершена. В дальнейшем батареи этой электрохимической системы были разработаны для торпед калибра 400 мм в рамках темы «Дукат». Необходимо отметить, что при создании медно-магнитных батарей уже тогда были разработаны технологии, которые в современных условиях принято называть «нано-».

Кстати, созданием водоактивируемых батарей медно-магнитной электрохимической системы была решена государственная проблема – Госплану больше не надо было ежегодно планировать для ВМФ огромное количество дефицитного серебра для торпедных батарей.

Разработка оказалась удачной. Батареи используются в торпедах уже более 35 лет, и реальной альтернативы по их замене пока нет.

В заключение хочется сказать о том, как работали представители заказчика и промышленности. Я пришёл в отдел электрических торпед, имея опыт эксплуатации морского подводного оружия на ПЛ и в центральном арсенале Черноморского флота. И, конечно, не имел опыта в сопро-

вождении разработки электрических торпед. А разработкой их в основном занимались специалисты ЦНИИ «Гидроприбор», ВНИАИ и ВНИИЭМ. Принцип взаимодействия заключался в следующем: я должен был владеть подробной информацией о состоянии разработки по тематике отдела и еженедельно (в крайнем случае раз в две недели) должен был посещать эти предприятия. Надо отметить, что сотрудники предприятий промышленности были заинтересованы в том, чтобы представитель заказчика, т.е. 28 института ВМФ, хорошо понимал существо и разработки, а также тонкости технологии производства составных частей и торпеды в целом, ведь технически грамотный специалист от заказчика может принести только пользу. Конечно, в наши взаимоотношения вмешивалась и политика наших министерств и ведомств, но на уровне специалистов взаимоотношения были, как правило, очень доверительными. Поэтому, когда приходилось докладывать руководству о состоянии разработки того или иного образца, техника и политика всегда разделялись. Глубокие знания техники и тонкостей разработки позволяли выхо-

дить из сложного положения с наименьшими потерями, ибо руководство, принимая решения, как правило, учитывало реальное техническое состояние того или иного образца.

С глубоким уважением вспоминаю ненавязчивые, но очень полезные беседы с С.И. Кузнецовым, С.И. Сильченко, М.А. Левиным, А.В. Сергеевым, И.П. Островским и другими специалистами ЦНИИ «Гидроприбор», Е.Г. Ивановым, Е.А. Беркманом, Е.В. Байрачным, В.Ф. Глаголевым и другими специалистами ВНИАИ.

Особо хочется отметить взаимоотношения с И.П. Островским. Знакомя нас, начальник моего отдела Р.Г. Красюков сказал, что Игорю Павловичу доверять можно полностью. И это доверие в наших взаимоотношениях сохранялось более 40 лет.

В завершении хочу выразить глубокую благодарность всем сотрудникам предприятий промышленности, с кем меня свела судьба, кто передавал мне и многим другим бесценный опыт по созданию морского подводного оружия.

РАЗРАБОТКИ АКУСТИЧЕСКИХ МАЯКОВ В ГНЦ «ГИДРОПРИБОР»

В статье представлен обзор акустических маяков различного назначения, созданных специалистами ГНЦ «Гидроприбор» в 1960-2010-е годы.

Акустические маяки устанавливаются в подводные объекты для их сопровождения и поиска.

Простые механические маяки в торпедах были разработаны уже давно: это «стукачи» и «звонки». В «стукачах» вращаемый электромотор кулачок заставляет подпружиненный молоточек стучать по корпусу торпеды. В «звонках» электромотор вращает в ёмкости металлические шарики, создающие довольно широкий акустический спектр. Маяки включаются в момент выключения торпедного двигателя и работают в непрерывном режиме около суток. Вести поиск изделий с такими маяками можно только с помощью специальной корабельной гидроакустической станции с довольно габаритной антенной и широкополосным приёмным трактом.

В 1960-е годы была поставлена задача о разработке подводных маяков совсем для других целей.

Первый разработанный нашим институтом гидролокатор бокового обзора (ГБО) по теме «Луч», ещё не очень совершенный, был предназначен для поиска объектов на грунте. Ширина полосы поиска ГБО была хорошей (150 м), но избирательность слабая, камень от искомого объекта он не отличал. Поэтому было решено обозначать обнаруженную цель акустическим маяком, на который с помощью акустической системы самонаведения выходил подводный аппарат с телекамерой для распознавания цели. Расстояние до обнаруженной цели в ГБО определялось автоматически. Но как доставить к обнаруженной цели маяк на дистанцию от 5 до 70 м с левого и правого бортов?

Были разработаны небольшие подвод-

ные ракеты, которые располагались в касете посередине носителя ГБО в количестве 6 штук: 3 для стрельбы по левому борту, 3 – по правому. Маяк находился в носовой части ракеты, пороховой реактивный двигатель – в кормовой. Двигатель запускался автоматически по сигналу от аппаратуры ГБО, обнаружившей цель.

Дистанция до цели вводилась в счётчик оборотов катушки в касете, с которой сматывался тонкий стальной тросик. Тросик крепился к чеке устройства отделения двигателя и разматывался вместе с движением ракеты. В расчётный момент катушка в касете стопорилась, тросик натягивался и выдёргивал чеку. Раскрывались тормозные лопасти, освобождая маяк, который по инерции падал на грунт в расчётную точку.

Во время отделения двигателя в маяке пружиной выталкивался поплавок, который тросиком поддерживал антенну, соединённую с маяком кабелем, на расстоянии 1,5 м от грунта, и включался дежурный режим маяка. Маяк переводился в режим излучения кодированного сигнала от малогабаритной антенны, опускаемой на кабеле ниже днища с обеспечивающего корабля. После выхода на маяк и обследования объекта подводный аппарат специальной гребёнкой поднимал маяк за поплавок для второго применения.

Из приведённого описания видно, что для использования маяка пришлось создать целую цепочку новых поисковых технологий. Аппаратура маяка была разработана на только осваиваемых в те годы транзисторах и первых микросхемах, и маяк был достаточно компактный.

В конце 1960-х и в 1970-е годы прово-

дились интенсивные торпедные стрельбы новыми опытными торпедами. Аварийные затонувшие торпеды, снабжённые всё теми же «стукачами» и «звонками», обнаруживать и поднимать удавалось редко, особенно с глубин 100-200 м. Маяки имели малый радиус обнаружения, а пеленгатор не указывал точных координат маяков.

В рамках новой темы «Клёст» нашему отделу (тогда – отдел 75) было выдано техническое задание на создание унифицированного для всех изделий маяка с большим радиусом обнаружения и поискового пеленгатора с точным определением места затонувшего изделия. Дополнительным требованием было расположение маяка внутри практического зарядного отделения (ПЗО) без нарушения корпуса ПЗО для установки антенны маяка. Последнее требование казалось трудновыполнимым, но разработчики антенны из отдела 60 предложили оригинальную конструкцию.

Специально рассчитанный плоский преобразователь был закреплён на вваренной в виде хорды внутри ПЗО металлической пластине. Испытания показали, что акустический сигнал маяка передаётся наружу практически без потерь.

Маяк работал в импульсном тональном режиме с периодом в 1 секунду. Заряда собственной аккумуляторной батареи хватало для импульсного излучения маяка в течение 10 суток. Корпус маяка и антенна были рассчитаны на максимальную глубину акватории полигона и соединены между собой герметичным кабелем. Маяк был автономным, включение производилось непосредственно перед пуском торпеды собственным включателем. При аварии изделия, включая затекание, маяк выполнял свою функцию.

Для обнаружения сигналов маяка был разработан опускаемый с борта поискового судна на поворотной штанге пеленгатор с узконаправленной антенной и лимбом курсового указателя на маяк. По двум засечкам с разных позиций место аварийного изде-

лия определялось довольно точно. На экспериментальных испытаниях был получен радиус обнаружения аварийного изделия с маяком от 1 до 2 км в зависимости от гидрологии и положения изделия на грунте.

К сожалению, тема «Клёст» была закрыта, и дальнейшие работы по разработанной системе были прекращены. Кроме того, стало понятно, что обнаружение аварийного изделия полностью проблемы не решает, так как подъём его, особенно с больших глубин, возможен только с помощью специальной подводной техники.

Поэтому в середине 1970-х годов была открыта тема «Барракуда» на разработку комплекса по обозначению, обнаружению и подъёму затонувших изделий.

Основной составляющей комплекса был необитаемый подводный аппарат (НПА), управляемый по кабелю, снабжённый телекамерой, манипулятором и акустической системой самонаведения на маяк.

К маякам было предъявлено требование скрытности. Поэтому маяк имел дежурный канал, который переключал аппаратуру маяка в активный режим после получения кодированного сигнала от пульта управления НПА. Собственный источник питания маяка обеспечивал его работу в дежурном режиме в течение 30 дней.

Было разработано несколько типов маяков для установки в разные ПЗО. Антенны маяков были выполнены в разных вариантах: всплывающие на кабеле на 1-2 м над лежащим на грунте изделием (в случае илистого грунта полигона) и устанавливаемые диаметрально в горловины ПЗО. Варианты маяков планировалось применять в зависимости от условий испытаний.

Комплекс «Барракуда» был изготовлен, успешно прошёл испытания, но в дальнейшем почему-то не использовался. Скорее всего, потому, что отдел испытаний не решился принять его на обслуживание, всегда держать в готовности и гарантировать надёжный поиск и подъём аварийного изделия с установленным в нём маяком.

Для руководства отдела оказалось проще при каждой аварии вызывать разработчиков.

Другим направлением разработки маяков является использование их для подводной навигации. Ещё в 1970-х годах разрабатывалась тема «Акула», которая и сегодня является актуальной.

Заданием на тему предусматривалась установка на грунт на протяжении до 10 км линии донных маяков, вдоль которых параллельно, строем должны двигаться необитаемые подводные аппараты (5–10 единиц). НПА должны были иметь на борту акустические навигационные системы, обеспечивающие движение НПА по заданной траектории относительно линии маяков и выдерживающие заданные дистанции до соседних НПА. Дистанции между НПА должны были соответствовать рабочей полосе поисковых систем каждого НПА для обследования акватории без пропусков. Запись поисковой информации должна была выполняться аппаратурой НПА и анализироваться после их всплытия. Для экспериментальных испытаний были разработаны и изготовлены донные маяки, устанавливаемые на грунт на высоких треногах, и начата разработка навигационных систем НПА.

К сожалению, через год тема неожиданно была закрыта, все работы по ней были прекращены.

В трудные 1990-е годы, при уменьшении количества заказов от основного заказчика, приходилось выполнять неожиданную работу.

В конце 1990-х от иностранного заказчика получили техническое задание на разработку малогабаритного водолазного гидроакустического комплекса (МВГК), получившего шифр «Стрела». Непривычной для нас особенностью стал срок поставки изделия от момента получения аванса – шесть месяцев, причём работу нужно было начинать с нуля. Обычный срок такой работы – не менее 2 лет.

Назначением «Стрель» было улучшение условий работы водолазов. В состав комплекса входили три вида маяков. Донный маяк «М» разрабатывался по размерам, выданным заказчиком, для установки в штатные горловины изделий заказчика.

Второй вид донного маяка разрабатывался для перспективного использования в составе МВГК для отечественной поставки. Маяк имел прочный корпус, якорь и плавучесть для установки его на грунт в месте работы водолаза для последующего быстрого выхода на него. Водолазный маяк входил в снаряжение водолаза и предназначался для подачи аварийного сигнала при необходимости помощи водолазу.

Для работы с маяками с борта судна в состав МВГК входил пульт пеленгатора и опускное устройство для акустической антенны. Также в состав МВГК входил ручной водолазный пеленгатор для работы водолаза с донными и аварийными маяками.

Работа была выполнена в срок, натурные испытания пришлось проводить на Ладожском озере в ноябре при минусовой температуре. Комплект МВГК был своевременно отправлен заказчику через таможеню. К сожалению, предложение руководству об изготовлении нескольких комплектов МВГК для российских водолазов не нашло понимания.

Отдельной областью широкого применения маяков является подводная навигация, которая обеспечивает наблюдение с подводной лодки (ПЛ) или с надводного корабля (НК) за НПА.

В 1990-х годах подобная навигационная система была разработана для изделия «Люцман». Маяк был установлен на НПА и излучал импульс по команде, поступающей по кабелю от пульта управления ПЛ. Снизу на корпусе ПЛ была установлена акустическая антенна с тремя двухплоскостными модулями УКБ (ультракороткая база), расположенными под углом 120° в горизонтальной плоскости для обеспечения кругового обзора. Информация о положении

НПА относительно ПЛ по горизонтали и вертикали отображалась на мониторе пульта управления. При совместном движении ПЛ и НПА информация дополнительно передавалась в блок управления НПА для движения без изменения взаимного положения. Задача несколько упрощалась малой дистанцией, определяемой кабелем НПА длиной 150 метров.

В те же годы по теме «Камбала» была разработана оригинальная навигационная система для определения координат буксируемого глубоководного НПА на дистанции до 10 километров.

Обе системы были изготовлены, прошли опытную эксплуатацию и показали хорошие результаты.

В 2010-х годах были разработаны современные навигационные и электронные системы по темам «Полигон-М», «Карта», «Мониторинг ТБП» (программа ФЦП), «Габардин» (ТЗ от основного заказчика).

По теме «Полигон-М» планировалось оборудовать мобильный полигон навигационными якорными акустическими маяками, соединёнными кабелями с находящимися на поверхности на поплавках приёмниками «ГЛОНАСС». Информация о параметрах и траектории движения испытуемого изделия передавалась на маяки по гидроакустическому каналу связи, далее через «ГЛОНАСС» на обеспечивающее судно или непосредственно на монитор в кабинете руководителя.

Акустическая часть навигационной

системы была отработана в лабораторных условиях в акустическом бассейне. К сожалению, дальнейшее финансирование было приостановлено, и работы прекращены.

По теме «Габардин» была разработана перспективная навигационная система с использованием сложного сигнала и сложной цифровой обработки, позволяющая работать при малых соотношениях сигнал/помеха. При этом значительно увеличивался максимальный радиус действия системы и снижалось энергопотребление аппаратуры.

Вопрос об использовании маяков для оперативного поиска испытуемых аварийных изделий остаётся по-прежнему актуальным, и дело не только в маяках. Для надёжного, гарантированного обеспечения подъёма изделий необходима неразрывная цепь действий: обозначение, обнаружение, допоиск, подъём. Эта задача была полностью решена в упомянутом выше комплексе «Барракуда». По опыту работы с «Барракудой» подъём обнаруженного на грунте изделия с использованием для выхода на маяк системы самонаведения НПА занимает не более часа.

Отметим, что подъём даже одной дорогостоящей опытной единичной торпеды многократно окупит все затраты на разработку и эксплуатацию поискового комплекса. А его успешная эксплуатация значительно ускорит и улучшит разработку изделий, так как запись регистратора аварийной торпеды несёт бесценную информацию для устранения просчётов.

КАК ЭТО БЫЛО

В статье приводится описание проблем и технических решений, используемых в процессе внедрения универсальной системы предстартовой подготовки торпеды УСЭТ-80 на заказ 711.



В.С. КОЖИН

В апреле 1981 года приказом генерального директора института Радия Васильевича Исакова в отдел 65 (отдел по созданию и сопровождению бортовой электронной аппаратуры), в котором я был начальником, были переведены из отдела 74:

– лаборатория унифицированных систем предстартовой подготовки торпед (УСППТ) вместе с руководителем лаборатории Б.А. Майоровым;

– сектор бортовых цифровых вычислительных машин (БЦВМ) вместе с начальником сектора Л.С. Цветковым.

Одной из задач отдела для лаборатории УСППТ было создание унифицированных систем предстартовой подготовки торпед, связывающих БЦВМ торпеды с бортовой аппаратурой подводной лодки (ПЛ).

Когда до начала государственных испытаний тяжелого ракетного подводного крейсера стратегического назначения пр. 941 (заказ 711) оставалось около полуго-

да, торпеды УСЭТ-80 еще не были готовы к совместным проверкам в составе комплекса торпедно-ракетного вооружения (ТРВ), в то время как противолодочные ракеты успешно «общались» с бортовой информационно-управляющей системой (БИУС) ПЛ через специальный электроразъем ввода данных АЭРВД-100.

В это же время специалисты НПО «Уран» продолжали работы по внедрению собственного канала связи предстартовой подготовки торпед на ряд изделий. Однако к концу мая 1981 года эта система не была внедрена ни на одной торпеде. В ходе командировок менялись авторы УСППТ, отдельные специалисты, но положительные результаты так и не были получены. Генеральный директор Р.В. Исаков предложил мне, как начальнику отдела, вылететь в Северодвинск и на месте разбраться с состоянием работ.

25 июня 1981 года из Северодвинска я доложил Р.В. Исакову, что по ряду причин предложенная нами система УСППТ не может быть внедрена в серийное производство.

Из этого сообщения следовало, что многомиллиардный товарный этап (равный в 1981 году половине годового бюджета РСФСР) в части сдачи III поколения ПЛ с торпедами УСЭТ-80 не может быть выполнен в установленные строки – IV квартал 1981 года.

Радий Васильевич был раздражен этим сообщением и предложил мне срочно прибыть в Ленинград для доклада о состоянии работ.

26 июня на расширенном совещании у генерального директора с участием авторов системы УСППТ, ведущих специали-

стов и руководителей V отделения было заслушано мое сообщение. Присутствующие с моими доводами молчаливо согласились, но выхода из создавшегося положения предложить не смогли.

Тогда я предложил установить разъем АЭРВД-100 на торпеду УСЭТ-80. Это требовало значительных конструктивных доработок торпеды и разработки протокола обмена информации между БИУС ПЛ и торпедой УСЭТ-80. Другими словами, следовало идти по пути стыковки через специальный разъем ввода данных, аналогичному стыковке противолодочных ракет.

Идею поддержал генеральный директор Р.В. Исаков.

Для реализации этого предложения было необходимо разработать техническую документацию для торпеды УСЭТ-80 под разъем АЭРВД-100. Работа была поручена группе под руководством заместителя начальника II отделения Радомира Павловича Тихомирова. Разработка и согласование протокола обмена информацией между БИУС «Омнибус» ПЛ и торпедой УСЭТ-80 поручалась начальнику сектора отдела 82 Л.С. Цветкову.

Одновременно СПбМБМ «Малахит» начал проводить разработку переходного блока, соединяющего торпеду УСЭТ-80 со стрельбовой аппаратурой БИУС «Омни-

бус», разработанной ЦНИИ «Агат».

В кратчайшие сроки была разработана конструкторская документация на доработку торпеды УСЭТ-80 (с учетом разьема АЭРВД-100) и поставлена на завод «Дагдизель» в г. Каспийск. Был разработан и согласован с ЦНИИ «Агат» «Протокол обмена информацией между БИУС «Омнибус» ПЛ и торпедой УСЭТ-80».

Такая оперативность позволила доработать изделия УСЭТ-80 на заводе «Дагдизель», проверить их работоспособность в натуральных условиях полигона Феодосии, убедиться в правильности доработок и подготовиться к совместным натурным испытаниям в условиях Белого моря. В тоже время специалистами «Малахита» был изготовлен и поставлен на заказ 711 переходной блок.

Уже в октябре торпеда «заговорила» с БИУС «Омнибус» ПЛ, что-то напоминала, что-то просила повторить. Но обстановка была сверхнапряженной, что-то должно было произойти.

И произошло: в ходе отработки торпед УСЭТ-80 на заказе 711 были отмечены отдельные случаи нестыковки торпед с комплексом БИУС «Омнибус», разработанным ЦНИИ «Агат». Проходил день за днем, но решение этой задачи переходило в проблему, найти выход из которой не удавалось.



Р.П. ТИХОМИРОВ, В.С. КОЖИН

И тогда пришлось вспомнить старый (уже нами забытый) метод «мозговой атаки». Вся работа была разделена на этапы, по окончании которых должен был виден результат и главное – был виден последующий объем работ.

Учитывая, что в ходе работ были записи как дефектных, так и положительных стыковок, я предложил произвести достаточное количество записей, из общей суммы которых потом можно было отобрать как положительные, так и дефектные. На эту работу был приглашен из Ленинграда главный конструктор измерительных систем В.А. Барков. По предложению В.А. Баркова было произведено 32 записи стрельбовой информации, идущей от комплекса БИУС «Омнибус» в торпеду УСЭТ-80, причем две из них (29-я и 31-я записи) были дефектными, а остальные – положительными. Стало ясно, что появилась информация, которая требовала расшифровки. На этом этапе к решению проблемы подключился генеральный конструктор заказа 711 Сергей Никитич Ковалев: на заседании комиссии он сообщил, что на заводе «Севмаш» есть машина французского производства, с помощью которой можно расшифровать данные.

В течение не более полутора часов (а время было около 9 часов вечера) сотрудники завода составили список из шести сотрудников акустической лаборатории завода «Севмаш», которые смогут помочь, и дали их адреса, а директор завода «Севмаш» дал свою машину, чтобы за короткое время можно было всех объехать.

В тот же вечер я съездил ко всем шестью сотрудникам. Извинившись и объяснив причину такого позднего визита, просил на следующий день выйти на работу к 8 утра и помочь в расшифровке наших записей.

Все шесть специалистов завода «Севмаш» к 8 часам утра были на работе, а к 10 утра уже расшифровали два комплекта пленок (дефектных и действующих).

Расшифрованная запись представляла собой бумажный документ длиной 2,6 м

и шириной 16 см, на котором было зафиксировано 2432 знаков («0» или «1»), расположенных в определенном порядке.

Перед начальником сектора отдела 582 Л.С. Цветковым была поставлена очень серьезная задача – проанализировать записи и определить причину сбоя. Она была найдена уже к обеду. Причина сбоя была в аппаратуре, разработанной ЦНИИ «Агат».

Представители Заказчика согласились с нашими выводами, а представители ЦНИИ «Агат» признали их не сразу, но начальник курирующего отдела из в/ч (г. Петергоф) Юлий Николаевич подвел итог спора: «Вина наша, к утру исправим». Надо отметить, что специалисты ЦНИИ «Агат» в течение ночи нашли причину отказов своей «машины» и исправили ошибку. Далее к этому вопросу больше не возвращались.

В заключение следует отметить, что после окончания работы комиссии к сотрудникам ЦНИИ «Гидроприбор» подошел главный конструктор заказа 711 Сергей Никитич Ковалев, поблагодарил наших специалистов и лично меня за работу по стыковке торпеды УСЭТ-80 с электронной аппаратурой других контрагентов со словами: «Владимир Степанович, Вы спасли лодку. Большое спасибо!».

Как следствие, после решения этих технических проблем в декабре 1981 года у Заказчика появилась возможность выхода заказа 711 в автономное плавание для решения своих стратегических задач.

А далее был снят вопрос о многомиллиардном долге ЦНИИ «Гидроприбор».

Успешная стрельба торпедами УСЭТ-80 с заказов 711, 605 в 1981-1982 годах и запуск торпеды УСЭТ-80 в 1982 году в серийное производство стали важнейшими событиями, по результатам которых в октябре 1982 года ЦНИИ «Гидроприбор» был награжден орденом Октябрьской революции, а генеральный директор «Гидроприбора» Р.В. Исаков получил звание лауреата Ленинской премии.

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ ПРИ ЗАВОДЕ «ДАГДИЗЕЛЬ»

Об истории создания научно-теоретической лаборатории для проектирования перспективных образцов торпед на математических принципах.

1970-1980-е годы – время расцвета советской кораблестроительной мысли, осязаемого скачка в развитии аэрокосмической, подводной и надводной техники. В то время началась работа НИР и ОКР первого в Советском Союзе проекта авианосца. Сложилась очень доверительная научная, научно-техническая отношения между Концерном «Морское подводное оружие – Гидроприбор» (тогда НИИ-400) и заводом «Дагдизель». В Дагестане был создан филиал Ленинградского кораблестроительного института (ЛКИ), где ленинградские ученые читали разные курсы и спецкурсы, в том числе и секретные, по тематике торпедного оружия. Проводились совместные семинары и конференции. Научный романтизм среди молодых выпускников «Корабелки», характерный для начала космической эпохи СССР, был главным мотивом выбора пути в жизни.

Автор этих строк относится к той эпохе советского кораблестроения. Прошло много лет, и мне хотелось бы выделить те вопросы торпедостроения, которые затронули меня, в которых я лично участвовал, которыми руководил, которые организовывал, в которых творил.

Среди множества разных развиваемых нами направлений можно выделить направление по внутренним задачам торпедного оружия. Этот цикл задач относился к наиболее важным по следующим причинам:

- воздух высокого давления (200×10^5 Па) применялся для запуска самых ответственных технических блоков торпед;
- сложная конфигурация магистра-

лей трубопроводов торпедных систем, работающих под высоким давлением, приводила к колебаниям и вибрациям всей системы.

Частотные характеристики этой системы никто не изучал. Это ставило дополнительные трудности для задач управления и наведения торпедного оружия. Необходимость осмысления этих внутренних задач торпед, экспериментальные исследования, связанные с ними, многократно обсуждались с главным инженером НИИ-400 А.Т. Скоробогатовым, в соответствующих отделах НИИ-400 и в ОКБ «Дагдизель» (во главе с А.И. Абакаровым и главным инженером завода А.А. Аливердиевым).

К этому времени у меня был накоплен определенный опыт математического обеспечения класса гидрогазодинамических внутренних задач подводных лодок и авиационных и космических систем. Вспоминаю основные направления работ в этой области.

Первый незабываемый опыт был получен в 1962-1963 гг. Мы, студенты приборфака ЛКИ, получили задание по курсовому проектированию от специалистов НИИ-400. Мне было выдано задание от главного конструктора НИИ-400 В.А. Левина. Задание было связано с анализом авиационной торпеды США.

В соответствии с заданием мне нужно было проанализировать следующие вопросы:

- крепление торпеды в бомболоке авиационного носителя;
- поведение торпеды на баллистическом участке;

– вход торпеды в воду (ударные нагрузки);

– устройство всплытия практической торпеды.

Итак, первая постановка внутренних задач в торпедных системах, с которой мы столкнулись, – это задача, связанная со всплытием торпед после приводнения. Внутри торпедного отсека располагались четыре баллона (внутреннее давление 50×10^5 Па), которые применялись для выталкивания воды из отсека для создания положительной плавучести. И первое знакомство с обширным классом задач, находящихся применение во многих областях науки и техники, – задача истечения газа из баллонов с воздухом в среду с растущим противодавлением.

Вторая задача из класса внутренних задач была в дипломной работе 1967 года. Если первая задача была ознакомительной и вводной для курсового проекта, теперь нужно было решить конкретную задачу истечения, наполнения и выравнивания давления сжатого воздуха в отсеке торпеды для авиационного макета много-разового использования. Руководителем дипломного проекта также был главный конструктор В.А. Левин. Эту задачу я решал в термодинамической и аэродинамической постановках. Заведующий кафедрой д.т.н. Н.И. Пушкин обратил мое внимание на изучение подобных вопросов в судовых вспомогательных механизмах и парогенераторах.

Н.И. Пушкин заведовал кафедрой технической термодинамики и судовых паровых котлов. Благодаря этому знакомству мы начали более широко заниматься исследованием внутренних задач гидроаэродинамики. Одно из направлений развивалось по пути развития реакторов подводных лодок ЦКБ Балтийского завода (главный конструктор Г.А. Гасанов). Гасанов, или «Железный Феликс», как мы его называли, был увлечён реакторами и стремился заразить этим увлечением и меня.

В 40 НИИ (ныне НИИ спасания и подводных технологий, г. Ломоносов) проводились крупномасштабные исследования по проблемам всплытия личного состава подводной лодки в аварийных ситуациях. Здесь мы также смогли внести свой вклад.

Позднее я познакомился с Я.Г. Поновко, который обратил мое внимание на течение газа в трубах, в том числе на отдельные предельные случаи течения, при которых газ просто колеблется. Он сходу написал уравнение, описывающее данный процесс: $\omega = \zeta \sqrt{\frac{s}{\rho V}}$.

На мой удивленный вопрос о выводе данного уравнения он ответил, что вывод проистекает из Пи-теоремы. Этот разговор тогда произвел на меня фантастическое впечатление.

Позднее я применил прямое и обратное интегральное преобразование Фурье для формирования цикла жизненно важных для торпедного оружия вопросов. Он основывался на том, что, с одной стороны, почти все управление торпеды было построено на использовании воздуха высокого давления, а с другой стороны, большое количество магистралей трубопроводов разных конфигураций, для изготовления которых не применялись шаблоны, вызывало колебания в широких диапазонах частот. Благодаря задачам подобного рода мой системный взгляд на внутренние задачи торпедостроения формировался очень ясно.

Новый необычный вопрос возник на одном из семинаров, который проводил генеральный конструктор космодрома Байконур академик В.П. Баршин. Им была поставлена задача использования энергоаккумулирующих веществ для спасения затонувших кораблей, подводных лодок и подъёма практических торпед. Также рассматривалась задача шлюзования камер космических кораблей.

Продолжением этих работ, связанным с их экспериментальной проверкой, было строительство лабораторно-экспериментальной базы на заводе «Дагдизель».

Получив одобрение директора завода С.Б. Шаумцияна, главного инженера завода А.А. Аливердиева и начальника ОКБ А.И. Абакарова, в качестве руководителя и исполнителя одновременно я приступил к созданию этой экспериментальной базы. На приборном производстве в районе 27 цеха завода «Дагдизель» построили лабораторию для анализа струйных задач в трубопроводах магистралей.

Одновременно здесь же проводили теоретические семинары с участием вузов Дагестана. Мы создали кафедру теории проектирования и САПР. На кафедре мы постоянно проводили семинары, часто приглашали на завод студентов, аспирантов, приезжали ученые из Москвы, Ленинграда. Работал постоянно действующий всесоюзный семинар «Фролов – Алиев».

Первый всемирный конгресс по теории САПР по интеллектуальным системам был проведен по инициативе МВТУ во главе с профессором В.А. Поповым на заводе «Дагдизель», где системы автоматизированного проектирования почти на 80 % были разработаны нашими инженерами и учеными.

Вторая наша лаборатория была создана на территории г. Горький (Нижний Новгород), где находился испытательный полигон для экранопланов. Я занимался теоретическим обоснованием малоизученного поведения крыла конечного размаха. Здесь мы проводили крупномасштабные

исследования по запуску энергоблока торпеды и сумели вдвое сократить время заливки.

Наконец, в самом ОКБ завода «Дагдизель» мы создали теоретический центр по задачам современного торпедостроения, как одни из основоположников теории аналитического проектирования. Эту лабораторно-экспериментальную базу в разные годы посетили выдающиеся ученые, академики и профессора: Е.П. Велихов, В.П. Бармин, К.В. Фролов, Б.А. Рябов, В.А. Попов, Д.М. Ростовцев, М.А. Кузьмицкий, Ю.А. Баженов, А.К. Филимонов, И.К. Камиллов, Г.М. Магомедов, М.М. Зайнулабидов, М.С. Аминов, К.М. Магомедов, М.М. Джамбулатов, адмиралы: А.П. Вернигора, В.И. Куроедов, В.В. Чирков, руководители и государственные деятели: генеральный директор АО Корпорация «ТРВ» Б.В. Обносков, генеральный директор АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор» В.В. Патрушев, секретарь совета безопасности РФ Н.П. Патрушев, заместитель председателя Правительства РФ Ю.И. Борисов.

Сегодня исследования, проводимые в нашей лаборатории, показывают, что проектирование перспективных образцов будущих торпед начинается именно с математических принципов. Общая схема этого проектирования основана в первую очередь на глубоких проработках и исследованиях.

Г.Л. ЭЙТИНГИН, к.ф.н. А.Е. ШАПОВАЛОВА

БЕССМЕРТНЫЙ БАТАЛЬОН

Статья посвящена сотрудникам ГНЦ «Гидроприбор» – участникам Великой Отечественной войны. К 75-летию Победы готовится к печати книга памяти фронтовиков-работников НИИ-400 – НПО «Уран» – ЦНИИ «Гидроприбор» и завода «Двигатель».

В ознаменование 75-летия Победы ГНЦ «Гидроприбор» готовит к выпуску книгу «Бессмертный батальон», посвящённую сотрудникам – участникам Великой Отечественной войны, название которой отсылает к всероссийскому движению «Бессмертный полк».

В авиации есть понятие «точка невозврата»: это тот момент, когда в баках самолета заканчивается топливо и его остаётся ровно столько, сколько необходимо для возвращения на базу. Такой момент наступил сейчас на нашем предприятии: либо мы расскажем о работавших после войны на «Двигателе» и «Гидроприборе» ветеранах Великой Отечественной войны, либо предадим их забвению, ведь тех, кто их помнит, кто работал с ними, осталось немного. Мы должны достойно проститься с ними и сохранить их имена в памяти следующих поколений.

Идея увековечить память фронтовиков возникла ещё в 2014 году. Был собран огромный материал, но работа не была завершена. Через три года её продолжил Л. Эйтингин, однако в одиночку ему не удалось довести её до конца. К этой теме в конце 2019 года подключился 066 отдел, работа получила поддержку заместителя генерального директора по персоналу и социальной политике С.А. Матвиенко. Поистине неоценимую помощь в подготовке материалов оказали сотрудники архива, прежде всего О.В. Лисова, и 53 отдела – А.А. Смирнов и Л.Л. Желновач. Выход книги намечен ко Дню Победы.

В архивах нашего предприятия найдены сведения о воинской службе во время Великой Отечественной войны более чем 500 сотрудников. Это те, кто пришёл на работу в НИИ-400 начиная с 1944 года. Но есть и данные о тех, кто ушёл на фронт с завода

№ 181 («Двигатель»): в 1941 году было мобилизовано 1320 человек, ещё 1455 человек ушли на фронт добровольцами (в июле – 262, в августе – 619, в декабре – 574). Вскоре добровольцам по просьбе дирекции стали отказывать, иначе некому было бы работать на заводе.

Во время войны фронтовики нашего предприятия освоили все военные специальности: здесь мы встретим танкистов, летчиков и штурманов, технический обслуживающий персонал, минеров, командиров батарей, руководителей бригад траления, десантников, разведчиков, снайперов, оружейных мастеров, торпедистов, связистов и т.д.

Они воевали практически на всех фронтах, где проходили боевые действия Красной армии: Волховский, Ленинградский, Воронежский, Центральный, Сталинградский, Степной, 1-й, 2-й и 3-й Украинский, Белорусский, Брянский, Юго-Западный, Карельский, Прибалтийский, Закавказский, Дальневосточный, Забайкальский; они воевали в составе Амурской, Азовской, Дунайской флотилий, Балтийского, Черноморского, Тихоокеанского флотов.

За свой ратный труд фронтовики были награждены практически всеми орденами и медалями СССР, а также наградами Польши, Болгарии, Чехословакии. Сведения о наградах (если они были указаны) приводятся в карточке каждого ветерана. Особо отметим двух Героев Советского Союза – Николая Ивановича Родина и Иллариона Фёдоровича Чуличкина. Сведения о них приведены ниже.

Серьезным стимулом в послевоенном поступлении на работу именно на наше предприятие было то, что многие из фронтовиков во время войны имели дело с под-

водным оружием. Так, например, в составе минно-торпедных дивизионов воевали П.Ф. Алексеев, Н.Н. Альшев С.С. Бахонкин, Н.Г. Белых, М.И. Бузин, С.Я. Григорьев; подготовкой мин занимались Е.Ф. Банщикова, П.А. Бородавко, Н.Т. Ильин, Е.М. Косолапов, С.Е. Машнин, В.И. Никитин, Б.С. Рубенчик; подготовкой торпед занимались А.Н. Веретенников, А.В. Гавырин, М.Ф. Иванов, И.С. Кондратьев, П.П. Коряков, М.Л. Суханов; тралением мин на Балтике занимались А.А. Вишневский, Н.И. Гринев; флагманскими минерами воевали А.Ф. Гончаренко, С.А. Запутряев, Н.И. Полосов; подготовкой авиационных торпед и мин в составе авиаполков занимались А.М. Балов, П.В. Никифоров. Большую роль в организации работ на море сыграли контр-адмирал И.А. Скворцов, контр-адмирал А.И. Родионов, контр-адмирал А.А. Хурденко.

Трудно переоценить тот вклад, который ветераны Великой Отечественной войны внесли своей работой в дело дальнейшего совершенствования и развития минно-трально-торпедного оружия.

Первыми были разработаны в послевоенные годы паразитные торпеды 53-51, 53-56, 53-57. Среди основных исполнителей в решении сложных задач по неконтактным взрывателям (НВ) был А.И. Турусов, по корпусно-механической части – В.М. Саульский.

В те же годы в разработке модификаций тепловых торпед калибра 53 см приняли участие ведущие инженеры Е.П. Екимов, А.Ш. Хейфец, уникальные слесари-сборщики В.И. Кулигин, А.М. Балов.

При разработке, натурных испытаниях и сдаче в серию электрических торпед типа СЭТ-65, СЭТ-40У, АТ-2М значительный вклад в разработку систем самонаведения внес заместитель главного конструктора И.Б. Подражанский.

На всех этапах лабораторно-стендовых и натурных испытаний рядом с конструкторами работали высококвалифицированные слесари-сборщики, монтажники, регулировщики радиоаппаратуры. Они пре-

красно знали устройство торпед, уверенно готовили их к испытаниям, их практические советы оказывали конкретную помощь инженерам в улучшении работоспособности, технологичности, надёжности. Среди старейших рабочих-торпедистов были А.Н. Бобков, П.А. Бородавко, Т.К. Гвоздев, М.С. Данилов, И.М. Жулейко, К.И. Сандберг, У.С. Урин.

В послевоенные годы стало ясно, что без проведения собственных научно-исследовательских работ невозможно создать новое подводное оружие. Появились первые ученые, и среди них, конечно же, ветераны Великой Отечественной войны. В 1950-х годах защитили диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук В.А. Левин, И.Ф. Головчанский, В.Е. Мясин, С.Г. Полеско, С.А. Зенцов, В.М. Куплянский, А.Ш. Хейфец, Н.М. Чайка, В.А. Чубраев. Докторские диссертации успешно защитили Р.В. Исаков, В.И. Егоров, М.Г. Неручев, А.П. Беляев.

На базе новых научных исследований было решено много задач, в частности по обеспечению управляемости и необходимой маневренности торпеды в двух плоскостях в большом диапазоне глубин (С.Г. Полеско). Проектирование противолодочной авиационной самонаводящейся торпеды АТ-2 велось при деятельном участии ветеранов войны – заместителей главных конструкторов В.А. Левина, И.Д. Когана, И.С. Павлова, А.И. Турусова (по НВ), С.Г. Полеско (по приборам управления), В.Е. Мясина (по управляемости), начальника сектора И.Ф. Головчанского (система торможения и стабилизации – СТС), ведущих инженеров В.И. Смирнова (зарядное отделение), К.А. Закаржевского (аккумуляторное отделение), А.А. Андрущенко (СТС самолётного и вертолётного вариантов).

В период с 1968 по 1980 годы проводились разработки по авиационной теме «Орлан» и ракетным темам «Водопад» и «Ветер». Руководил работами ветераны войны В.А. Левин. В конструкцию торпеды было внедрено много новшеств. Так, например, появился водомётный движитель, заме-

нивший традиционные торпедные парные гребные винты. Натурные испытания торпеды с водомётном успешно провел ветеран войны И.С. Павлов. Работы с НВ по этим темам возглавил и успешно провел ветеран войны А.И. Турусов. Исключительно сложную работу проектирования и отработки СТС для торпеды в сборе с ракетой в соосной схеме их взаимного расположения выполнил ветеран войны И.Ф. Головчанский со своим сектором. Натурные пуски торпеды с ракетой прошли на Феодосийском полигоне и закончились с положительными результатами. Также успешно сектором И.Ф. Головчанского были проведены проектирование, отработка и сдача на серию вертолётной СТС в двух вариантах (режим висения и режим полёта) и самолётной СТС.

Особо отметим трёх ветеранов Великой Отечественной войны, определивших развитие нашего предприятия, всей отрасли подводного оружия: это Абрам Борисович Гейро, Валентин Иванович Егоров, Радий Васильевич Исаков.

А.Б. Гейро являлся инициатором создания минного и противоминного оружия. В марте 1941 года за изобретение и создание первой в мире авиационной беспарашютной мины А.Б. Гейро была присуждена Сталинская премия. Под его руководством в годы войны впервые в мировой практике борьбы с морскими минами были созданы, испытаны и внедрены электромагнитный и акустический тралы. В феврале 1944 года А.Б. Гейро был назначен главным инженером НИИ-400. Он руководил новейшими разработками минного, трального и торпедного оружия. В первые послевоенные годы он был вдохновителем создания самонаводящейся в двух плоскостях торпеды, в 1970-е годы предложил конструкцию пусковых устройств для постановки самодвижущихся мин.

В.И. Егоров с 1929 по 1941 годы проходил службу в ВМС, в 1941-1944 годах работал начальником оперативной группы при штабе КБФ Ленинграда по помощи флоту в освоении новых образцов оружия. При этом с 1942 года В.И. Егоров был на-

значен на должность главного конструктора завода № 231, участвовал в создании тралов МТЩ-1 и МТЩ-2, был награждён боевыми наградами. С 1945 года В.И. Егоров – начальник 4-го трального отдела в НИИ-400. В последующие 40 лет при его непосредственном участии созданы все изделия противоминной обороны: придонный трал МТ-1Д, парные тралы ППТ-1, ППИ-2, контактные тралы серии МТ-3, ГКТ-2, ГКТ-3, ПКТ-1 и др.

Р.В. Исаков участвовал в войне с 1943 по 1945 годы в противотанковой артиллерии 1-го Прибалтийского фронта. В НИИ-400 поступил на работу в 1951 году после окончания МВТУ им. Баумана. В 1960 году Р.В. Исакова назначают начальником отдела систем управления движением противоминным оружием. По его инициативе на предприятии начали развиваться методы физико-математического моделирования, проработаны и внедрены в состав бортовой аппаратуры торпед средства вычислительной техники. В 1966 году он был назначен главным конструктором – заместителем директора ЦНИИ «Гидроприбор», а в 1972 году – директором предприятия.

Нельзя также не сказать и о ветеранах – лауреатах государственных премий за выдающийся вклад в создание и развитие подводного морского оружия. Это Ф.М. Миляков, В.М. Саульский, И.А. Скворцов, В.Т. Сухоруков, Т.Г. Смолин, Б.К. Лямин, Э.В. Козланский, В.А. Голубков, Е.Б. Парфёнов, О.К. Троицкий. Сведения о них приведены в этой статье.

В последние годы в России в память о ветеранах Великой Отечественной войны проходит акция «Бессмертный полк». Ветераны ГНЦ «Гидроприбор», несомненно, составляют в нём бессмертный батальон. К сожалению, число их за прошедшие годы резко уменьшилось – в строю остался только Р.С. Жизмор, – но их ратный и трудовой подвиги останутся в нашей памяти навсегда.

Мы чтим всех, кто отдал свои жизни ради будущего нашего города и нашей страны.

ГОДЫ СЛУЖБЫ
В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ
1940-1978

ДОЛЖНОСТИ В ВОЙСКАХ
командир авиаэскадрильи

ГДЕ ВОЕВАЛ
*1-й Украинский фронт;
4-й Украинский фронт*

*Совершил 122 боевых вылета,
трижды был сбит*

НАГРАДЫ
*медаль «Золотая Звезда»;
орден Ленина;
два ордена Красного Знамени;
орден Александра Невского;
три ордена Отечественной войны;
два ордена Красной Звезды;
медаль «За боевые заслуги»;
медаль «За освобождение Праги»;
медаль «За победу над Германией»;
медаль «За храбрость перед врагом»
(Чехословакия);
медаль «Победы и Свободы» (Польша)*

МЕСТО РАБОТЫ
Отдел 80



РОДИН
НИКОЛАЙ ИВАНОВИЧ
*полковник авиации,
Герой Советского Союза*



ГОДЫ СЛУЖБЫ
В ООРУЖЕННЫХ СИЛАХ
1936-1938, 1941-1945

ДОЛЖНОСТИ В ВОЙСКАХ
командир отделения

ГДЕ ВОЕВАЛ
*Ленинградский фронт,
1-й Украинский фронт*

НАГРАДЫ
*медаль «Золотая Звезда»;
орден Ленина;
орден Красной Звезды;
орден Славы III степени;
медаль «За боевые заслуги»;
медаль «За оборону Ленинграда»;
медаль «За освобождение Праги»;
медаль «За победу над Германией»*

МЕСТО РАБОТЫ
Цех № 1 завода «Двигатель»

*Имеет многочисленные благодарности
от предприятия*



ЧУЛИЧКИН
ИЛЛАРИОН ФЕДОРОВИЧ
*старший сержант,
Герой Советского Союза*



ГОДЫ СЛУЖБЫ
В ООРУЖЕННЫХ СИЛАХ
1931-1967

ДОЛЖНОСТИ В ВОЙСКАХ
старший команды по разоружению мин

ГДЕ ВОЕВАЛ
*Черноморский флот;
Северный флот*

НАГРАДЫ
*орден Ленина;
орден Красного Знамени;
два ордена Отечественной войны;
два ордена Красной Звезды;
медаль «За боевые заслуги»;
медаль «За оборону
Советского Заполярья»;
медаль «За победу над Германией»*

МЕСТО РАБОТЫ
главный инженер НИИ-400



ГЕЙРО
АБРАМ БОРИСОВИЧ
инженер-капитан 1 ранга

До войны окончил Киевский машиностроительный институт (1931 г.), затем Военно-морскую академию (1932 г.). В качестве дипломного проекта представил изобретённую конструкцию авиационной беспарашютной морской мины.

Преподаватель (1934 г.), начальник кафедры минного оружия ВМА (1937 г.).

Участвовал в боевых постановках мин АМГ Советско-финской войне.

Во время Великой Отечественной войны занимался разоружением мин. Лично разоружил 102 мины противника.

Главный инженер ЦКБ-36 (1942 г.), главный инженер НИИ-400 (1944 г.), заме-

ститель начальника по научно-исследовательской работе НИМТИ ВМФ (1946 г.), начальник кафедры минного оружия во ВВМУПП (1952 г.), профессор кафедры (1967 г.).

Лауреат Сталинской премии (1941 г.) за изобретение и создание первой в мире авиационной беспарашютной мины АМГ.

Автор 11 изобретений и более 100 рационализаторских предложений, многих научных и учебно-методических трудов по морскому оружию. Подготовил тысячи высококвалифицированных специалистов для ВМФ.



ГОДЫ СЛУЖБЫ
В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ
1941-1945

ДОЛЖНОСТИ В ВОЙСКАХ
*начальник оперативной группы
при штабе КБФ по борьбе с минами*

ГДЕ ВОЕВАЛ
Балтийский флот

НАГРАДЫ
*орден Отечественной войны;
орден Красной Звезды;
медаль «За оборону Ленинграда»;
медаль «За победу над Германией»;
медаль «За доблестный труд в Великую
Отечественную войну»*

МЕСТО РАБОТЫ
*Главный инженер
ЦНИИ «Гидроприбор»*



**ЕГОРОВ
ВАЛЕНТИН ИВАНОВИЧ**
инженер-майор

После войны – начальник 4-го трального отдела в НИИ-400, главный инженер НИИ-400 (1950 г.), заместитель директора по научной работе.

Доктор технических наук (1954 г.).

Участвовал в создании серии контактных тралов МТ-3, МТ-3Г, МТ-3П, универ-

сального трала МТ-3У, придонных парных тралов ППТ-1 и ППТ-2, МТ-1Д, тралов ГКТ-2, ГКТ 3, РКТ-2, ПКТ-1, ТС-1. При его непосредственном участии созданы охранители кораблей ЦОК-1, ЦОК-2, ЦОК-2У.

Награжден двумя орденами Трудового Красного Знамени и орденом «Знак Почёта».



ГОДЫ СЛУЖБЫ
В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ
1943-1945

ДОЛЖНОСТИ В ВОЙСКАХ
наводчик

ГДЕ ВОЕВАЛ
*1-й Прибалтийский фронт,
зенитно-артиллерийский полк*

Был ранен

НАГРАДЫ
*медаль «За боевые заслуги»;
медаль «За победу над Германией»*

МЕСТО РАБОТЫ
*Генеральный директор
НПО «Уран»*



**ИСАКОВ
РАДИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ**
рядовой

После войны с отличием окончил МВТУ им. Баумана (1951 г.).

Кандидат технических наук (1958 г.), доктор технических наук (1969 г.), профессор (1971 г.), заслуженный деятель науки и техники РСФСР (1978 г.).

С 1951 г. в НИИ-400. Начальник отдела 74 (1960-1966 гг.), главный инженер ЦНИИ «Гидроприбор» (1966 г.), директор НПО «Уран» (1972 г.).

Участвовал во внедрении средств вычислительной техники, цифрового ав-

томата УСЭТ-80, программно-аппаратных комплексов «Пилон», «Ответ», «Салют», средств вычислительной техники в составе БЭА ПМО.

Лауреат Ленинской премии (1980 г.) за создание нового образца морского подводного оружия.

Награжден орденами Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени.

Руководимое Р.В. Исаковым НПО «Уран» в 1982 г. награждено орденом Октябрьской Революции.



ГОДЫ СЛУЖБЫ
В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ
1935-1964

ДОЛЖНОСТИ В ВОЙСКАХ
не указано

ГДЕ ВОЕВАЛ
не указано

Был ранен

НАГРАДЫ
*орден Отечественной войны;
три ордена Красной Звезды;
медаль «За боевые заслуги»;
медаль «За оборону Ленинграда»;
медаль «За победу над Германией»*

МЕСТО РАБОТЫ
Отдел 63



МИЛЯКОВ
ФЁДОР МАРТЫНОВИЧ
инженер-капитан 1 ранга

До войны окончил Ленинградский военно-механический институт (1939 г.), Военно-морскую академию (1941 г.). В дипломном проекте предложил принципиально новую схему прибора плавания, зарегистрированную как изобретение.

Работал на заводах № 347, 215, ЦКБ-36. В 1942 г. созданная им плавающая мина ПЛТ-2 была принята на вооружение. После окончания контрольных испытаний на Северном флоте руководил освоением ПЛТ-2.

Во время войны принимал участие в

создании авиационной плавающей мины АПМ-1 и фугаса ПФ-1. Привлекался к разминированию объектов блокадного Ленинграда.

С 1944 г. – главный конструктор в НИИ-400. С 1949 г. – начальник отдела института № 3 ВМФ, с 1956 г. – главный конструктор КБ в НИМТИ ВМФ, с 1964 г. – главный конструктор НИИ-400.

Лауреат Сталинской премии (1943 г.) за разработку плавающей мины ПЛТ-2.



ГОДЫ СЛУЖБЫ
В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ
1942-1961

ДОЛЖНОСТИ В ВОЙСКАХ
инженер-полковник

ГДЕ ВОЕВАЛ
Ленинградский фронт

Был тяжело ранен

НАГРАДЫ
*орден Отечественной войны;
медаль «За боевые заслуги»;
медаль «За оборону Ленинграда»;
медаль «За оборону Кавказа»;
медаль «За победу над Германией»*

МЕСТО РАБОТЫ
Отдел 68



САУЛЬСКИЙ
ВЛАДИМИР МИХАЙЛОВИЧ
инженер-капитан 1 ранга

Окончил Ленинградский институт инженеров гражданского воздушного флота им. А.А. Гольцмана (1935 г.).

В 1935-1961 гг. – старший инженер НИМТИ ВМС.

В НИИ-400 с 1963 г. в должности ведущего инженера.

Лауреат Сталинской премии (1943 г.) за создание нового образца оружия ВМФ.



ГОДЫ СЛУЖБЫ
В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ
1922-1960

ДОЛЖНОСТИ В ВОЙСКАХ
*сотрудник минно-торпедного отдела
НИМТИ ВМФ*

ГДЕ ВОЕВАЛ
*1-й Белорусский фронт;
Балтийский флот;
Беломорская и Каспийская флотилии*

Был тяжело ранен

НАГРАДЫ
*орден Ленина;
орден Отечественной войны;
два ордена Красного Знамени;
медаль «За оборону Ленинграда»;
медаль «За оборону Кавказа»;
медаль «За победу над Германией»*

МЕСТО РАБОТЫ
Отдел 53



**СКВОРЦОВ
ИВАН АЛЕКСЕЕВИЧ**
инженер-контр-адмирал

До войны окончил ВМУ им. М.В. Фрунзе (1928 г.), Школу морских лётчиков в Севастополе (1931 г.), ВМА им. К.Е. Ворошилова (1938 г.). Работал в НИМТИ ВМФ.

Принимал участие в войне, выполняя отдельные спецзадания командования ВМС. Кандидат технических наук (1958 г.),

старший научный сотрудник (1960 г.).

Начальник сектора подготовки научных кадров (1963 г.), учёный секретарь (1969 г.), заведующий аспирантурой (1976 г.).

Лауреат Сталинской премии (1946 г.) за разработку нового образца морского оружия.



ГОДЫ СЛУЖБЫ
В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ
1933-1960

ДОЛЖНОСТИ В ВОЙСКАХ
сотрудник НИМТИ ВМФ

ГДЕ ВОЕВАЛ
не указано

НАГРАДЫ
*орден Красного Знамени;
медаль «За оборону Ленинграда»;
медаль «За оборону Кавказа»;
медаль «За победу над Германией»*

МЕСТО РАБОТЫ
Отдел 69



**СУХУРКОВ
ВИКТОР ТИМОФЕЕВИЧ**

До войны окончил Ленинградский электротехнический институт (1931 г.).

1933-1934 гг. – служба в РККФ.

С 1934 г. работал в НИМТИ ВМФ.

Принимал участие в войне, выполняя отдельные спецзадания командования ВМС.

Кандидат технических наук (1951 г.),

старший научный сотрудник (1951 г.).

В НИИ-400 с 1963 г. в должности старшего научного сотрудника.

Лауреат Сталинской премии (1946 г.) за создание нового образца морского вооружения.



ГОДЫ СЛУЖБЫ
В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ
1930-1931, 1934-1964

ДОЛЖНОСТИ В ВОЙСКАХ
не указано

ГДЕ ВОЕВАЛ
*Азовская военная флотилия;
Волжская военная флотилия*

НАГРАДЫ
*два ордена Красной Звезды;
две медали «За боевые заслуги»;
медаль «За оборону Ленинграда»;
медаль «За оборону Сталинграда»;
медаль «За оборону Кавказа»;
медаль «За победу над Германией»*

МЕСТО РАБОТЫ
Отдел 61



**СМОЛИН
ТИМОФЕЙ ГРИГОРЬЕВИЧ**
инженер-капитан 1 ранга

До войны с отличием окончил Ленинградский Военно-механический институт (1939 г.).

1939-1941 гг. – старший инженер НИМТИ ВМФ.

Участвовал в боевых операциях по минированию коммуникаций противника и разминированию неприятельских мин в прибрежных районах.

В НИИ-400 на должностях старше-

го инженера (1964 г.), ведущего инженера (1978 г.), старшего научного сотрудника (1981 г.).

Работал по темам «Экватор», «И-110», «Кашалот», «Метель», «Океан», «Ястреб».

Кандидат технических наук (1977 г.), старший научный сотрудник (1985 г.).

Лауреат Сталинской премии (1949 г.) за создание нового образца вооружения.



ГОДЫ СЛУЖБЫ
В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ
1941-1968

ДОЛЖНОСТИ В ВОЙСКАХ
не указано

ГДЕ ВОЕВАЛ
не указано

НАГРАДЫ
*медаль «За боевые заслуги»;
медаль «За оборону Ленинграда»;
медаль «За победу над Германией»*

МЕСТО РАБОТЫ
Отдел 3



**ЛЯМИН
БОРИС КОНСТАНТИНОВИЧ**
инженер-полковник

До войны с отличием окончил ленинградский Военно-механический институт (1938 г.).

В 1941 г. мобилизован в ряды ВМФ, окончил высшие специальные офицерские классы ВМФ (1942 г.). В блокадном Ленинграде обеспечивал техническую подготовку мин для постановок минных заграждений.

В 1946 г. работал в Германии в составе комиссии по изучению трофейных образцов минно-трального оружия ВМС Германии.

Руководил НИР «Камбала» (КРМ), участвовал в испытаниях мин ПЛГ-Т, ЭП-Г, ЯМ.

С 1952 г. – в НИИ-400 на должностях начальника группы отдела.

С 1956 г. – начальник научно-исследовательского отдела НИМТИ.

Кандидат технических наук (1969 г.), старший научный сотрудник (1974 г.).

Лауреат Сталинской премии (1951 г.) за участие в разработке «Руководства для боевого применения якорных мин в горле и северной части Белого моря».

Автор учебника «Основы проектирования мин» (1952 г.) и свыше 50 научных трудов.



ГОДЫ СЛУЖБЫ
В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ
1942-1948

ДОЛЖНОСТИ В ВОЙСКАХ
техник-радиот

ГДЕ ВОЕВАЛ
*Дальневосточный фронт,
5 узел связи*

НАГРАДЫ
медаль «За победу над Японией»

МЕСТО РАБОТЫ
Отдел 61



**КОЗЛАНСКИЙ
ЭДУАРД ВИКТОРОВИЧ**
сержант

Окончил Ленинградский кораблестроительный институт (1954 г.).

В НИИ-400 работал на должностях инженера (1955 г.), ведущего инженера (1956 г.), заместителя главного конструктора

ра тематического направления (1959 г.), начальника лаборатории надёжности (1963 г.), начальника отдела (1965 г.).

Лауреат Ленинской премии (1963 г.) за работу в области приборостроения.



ГОДЫ СЛУЖБЫ
В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ
1943-1946

ДОЛЖНОСТИ В ВОЙСКАХ
старший фельдшер дивизиона

ГДЕ ВОЕВАЛ
*1-й Белорусский фронт,
108 танковая бригада,
868 артиллерийский полк
9 танкового корпуса*

НАГРАДЫ
*орден Красной Звезды,
медаль «За освобождение Варшавы»,
медаль «За взятие Берлина»,
медаль «За победу над Германией»*

МЕСТО РАБОТЫ
Отдел 68



**ПОЛЕСКО
СТАНИСЛАВ ГРИГОРЬЕВИЧ**

С отличием окончил Ленинградский кораблестроительный институт (1953 г.).

В НИИ-400 работал на должностях инженера (1953 г.), ведущего инженера (1958 г.), заместителя главного конструктора тематического направления (1961 г.), начальник сектора (1968 г.).

Работал над темами «Имитация»,

Б-11-64, Б-1-45, Б-1-75, Б-1-76, Б-1-53, Б-11-32. Подготовил свыше 30 отчётов по теме «САПР».

Лауреат Ленинской премии (1964 г.) за работы по теме Б-1-45.

Кандидат технических наук (1968 г.).

Имеет 11 авторских свидетельств на изобретения.



ГОДЫ СЛУЖБЫ
В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ
1942-1946

ДОЛЖНОСТИ В ВОЙСКАХ
*механик-водитель танка,
командир взвода топографической
разведки артиллерийского полка*

ГДЕ ВОЕВАЛ
*Ленинградский фронт,
отдельная танковая бригада,
8-й гвардейский артиллерийский полк*

НАГРАДЫ
*медаль «За отвагу»;
медаль «За победу над Германией»*

МЕСТО РАБОТЫ
Отдел 62



**ГОЛУБКОВ
ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ**
гвардии лейтенант

До войны – студент Военно-механического института (окончил в 1949 г.).

В НИИ-400 работал на должностях от конструктора 2 категории (1946 г.) до главного конструктора тематического направления (1958 г.).

Принимал участие в работе над темами Б-1-45, Б-1-60, Б-1-75, «Барракуда»,

«Вампир-3», «Внешность». Создатель изделий 260, 269, 282.

Лауреат Государственной премии СССР (1971 г.) за работу в области специального аппаратостроения.

Награждён орденом «Знак Почёта» (1966 г.).



ГОДЫ СЛУЖБЫ
В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ
1940-1946

ДОЛЖНОСТИ В ВОЙСКАХ
*мвоздушный стрелок-радист
и радиомеханик*

ГДЕ ВОЕВАЛ
Северо-Западный фронт

НАГРАДЫ
*медаль «За оборону Москвы»,
медаль «За взятие Кенигсберга»,
медаль «За победу над Германией»*

МЕСТО РАБОТЫ
Отдел 65



**ПАРФЕНОВ
ЕВГЕНИЙ БОРИСОВИЧ**

В 1940 г. призван в РККФ, переведён в ВВС КА, где окончил школу воздушных стрелков-радистов и радионавигационные курсы.

После войны окончил Ленинградский электротехнический институт (1952 г.).

В НИИ-400 работал на должностях инженера (1953 г.), старшего инженера

(1956 г.), заместителя главного конструктора тематического направления (1956 г.), начальника сектора (1968 г.).

Работал над темами Б-11-44, Б-1-51.

Лауреат Государственной премии СССР (1971 г.) за работу в области специального аппаратостроения.



ГОДЫ СЛУЖБЫ
В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ
1941-1945

ДОЛЖНОСТИ В ВОЙСКАХ
начальник артснабжения

ГДЕ ВОЕВАЛ
*Северо-Западный фронт,
Волховский фронт,
Ленинградский фронт,
3-й Прибалтийский фронт,
1-й Белорусский фронт,
2-й Белорусский фронт*

НАГРАДЫ
*орден Отечественной войны;
медаль «За оборону Ленинграда»;
медаль «За взятие Кенигсберга»;
медаль «За победу над Германией»*

МЕСТО РАБОТЫ
Отдел 66



**ТУРУСОВ
АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ**

В 1941 г. окончил физико-математический факультет Крымского педагогического института.

В НИИ-400 работал на должностях инженера (1947 г.), старшего инженера (1949 г.), начальника лаборатории (1951 г.), заместителя главного конструктора тематического направления (1952 г.), начальника

отдела (1967 г.).

Работал над темами Б-11-19, Б-1-48, изд. 297, 2503, 3001, 3006.

Лауреат Государственной премии СССР (1971 г.) за работу в области специального аппаратостроения.

Награжден орденом Дружбы народов и медалью «За доблестный труд».



ГОДЫ СЛУЖБЫ
В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ
1941-1943

ДОЛЖНОСТИ В ВОЙСКАХ
начальник связи артиллерийского полка

ГДЕ ВОЕВАЛ
*Волховский фронт,
Юго-Западный фронт*

Дважды был ранен

НАГРАДЫ
*орден Красной Звезды;
медаль «За оборону Москвы»;
медаль «За оборону Ленинграда»;
медаль «За победу над Германией»*

МЕСТО РАБОТЫ
Отдел 69



**ТРОИЦКИЙ
ОЛЕГ КОНСТАНТИНОВИЧ**
гвардии инженер-лейтенант

После войны окончил Ленинградский электротехнический институт (1948 г.).

С 1948 г. – в НИИ-400 на должностях начальника сектора (1952 г.), начальника лаборатории исполнительных систем (1956 г.), начальника лаборатории элементов новой техники (1958 г.), начальника

отдела 69 (1971 г.).

Лауреат Государственной премии СССР (1978 г.) за работу в области специального аппаратостроения.

Награжден орденом Трудового Красного Знамени.



ГОДЫ СЛУЖБЫ
В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ
1941-1944

ДОЛЖНОСТИ В ВОЙСКАХ
командир пулеметного взвода, разведчик

ГДЕ ВОЕВАЛ
*Ленинградский фронт,
Центральный фронт,
149 стрелковая дивизия*

Дважды был ранен

НАГРАДЫ
*орден Отечественной войны;
орден Красной Звезды;
медаль «За оборону Ленинграда»;
медаль «За победу над Германией»*

МЕСТО РАБОТЫ
Отдел 62



**ЛЕВИН
ВИКТОР АБРАМОВИЧ**
лейтенант

До войны – студент Ленинградского Военно-механического института.

После войны окончил Ленинградский кораблестроительный институт по специальности инженер-механик.

Кандидат технических наук (1952 г.).

Заместитель главного конструктора авиационной темы АТ-2 (1965 г.), главный конструктор темы «Орлан» (1969 г.), ком-

плекса «Водопад» (1981 г.), комплекса «Ветер» (1984 г.), темы «Дукат-2» (1985 г.).

Лауреат Государственной премии СССР (1981 г.) за работу в области аппаратостроения.

Награжден орденом Трудового Красного Знамени.

Имеет 35 научных трудов и 7 авторских свидетельств на изобретения.



АННОТАЦИИ

УДК 001.89

Ключевые слова: Государственный научный центр, научная школа, форум, подготовка молодых ученых, научная деятельность, морское подводное оружие.

Патрушев В.В., Филимонов А.К., Мартынов В.Л., Сударчиков В.А. О роли научно-практических конференций в Государственном научном центре «Гидроприбор». // Подводное морское оружие. 2020. Вып. 2(50). С. 6-8.

В статье рассматривается научная деятельность Концерна как Государственного научного центра в аспекте организации, проведения и участия в научно-практических конференциях и форумах за прошедший год, а также подготовки молодых учёных.

УДК 623.98

Ключевые слова: Государственный научный центр, научно-производственная матрица, опережающий научно-технический задел, проектно-ориентированный научный подход, уровни готовности технологий в инновационном цикле, методика оценки уровней готовности технологий.

Патрушев В.В., Филимонов А.К., Сударчиков В.А. Наука в ГНЦ «Гидроприбор» как фактор создания эффективного морского подводного оружия. // Подводное морское оружие. 2020. Вып. 2(50). С. 9-13.

В статье рассматриваются вопросы создания опережающего научно-технического задела при разработке МПО и внедрения методики оценки уровней готовности технологий создания высокотехнологичной продукции.

УДК 623.97, 623.964

Ключевые слова: мина, мина-ракета, реактивно-всплывающая мина, реактивный двигатель, неконтактный взрыватель, неконтактная аппаратура, минреп, якорь, глубина места постановки, углубление, опасная зона, конструктор, главный конструктор.

Григорьев В.Н., Михайлов В.А., Сухарев В.А. Мы были первыми. // Подводное морское оружие. 2020. Вып. 2(50). С. 14-28.

Статья посвящена истории развития морских мин-ракет, их создателям, пионерской роли НИИ-400 – ЦНИИ «Гидроприбор» – НПО «Уран» – АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» и заказчикам от ВМФ НИИ-3 – 28 НИИВ / МТУ ВМФ – УПВ ВМФ. Статья написана на основе открытых источников, включая воспоминания создателей оружия.

УДК 654.1

Ключевые слова: робототехнический комплекс, показатель ослабления, дальность видимости, подводные объекты, поиск, освещённость, коэффициент отражения.

Мартынов В.Л., Дмитриев М.В., Солодовниченко М.Б. Разработка поисковых систем подводных аппаратов для исследовательских работ в экстремальных условиях. // Подводное морское оружие. 2020. Вып. 2(50). С. 29-37.

Вопросы проведения исследований для создания систем позиционирования подводных робототехнических комплексов, способных обеспечить их точное определение места, являются актуальными и востребованными. В статье раскрываются некоторые положения, обеспечивающие решение задач навигации с использованием лазерных технологий.

УДК 681.883

Ключевые слова: авиационные гидроакустические станции, радиогидроакустические системы, согласованная обработка сигналов, реверберационная помеха, спектр огибающей реверберации (сигнала), доплеровский сдвиг частоты эхо-сигнала, длительность зондирующей посылки, полоса пропускания фильтра, коэффициент подавления реверберационной помехи.

Бакуменко С.А., Егорова Н.А. Оценка степени подавления реверберационной помехи при согласованной обработке сигналов. // Подводное морское оружие. 2020. Вып. 2(50). С. 38-40.

Представлена оценка степени подавления реверберационной помехи в гидроакустических средствах, содержащих тракты согласованной обработки сигналов. Рассмотрены сигналы с прямоугольной, \cos и \cos^2 огибающими. Приведены результаты расчета коэффициента подавления реверберационной помехи от величины доплеровского смещения частоты эхо-сигнала, вызванного движением подводной цели.

УДК 623-1/-8

Ключевые слова: источники электропитания, батареи одно-разового действия, аккумуляторные батареи.

Патрушев В.В., Кудрявцев Н.А., Агеев Д.М., Беликов А.А., Жалнин А.В., Китаевич А.П., Мойса В.А., Петров М.П. Современное состояние электрических источников энергии морского подводного оружия // Подводное морское оружие. 2020. Вып. 2(50). С. 41-54.

В статье представлен обзор источников энергии, комплектующих морское подводное оружие электрического типа, производимое АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор». Анализируется их современное состояние и целесообразность замены на более современные источники электроэнергии.

УДК 623.9:620.197

Ключевые слова: конструкционные материалы, механические характеристики, технологические характеристики, коррозионная стойкость, противокоррозионная защита.

Голованова М.В., Дун В.А., Овштейн Е.И., Шарова Н.О., Шукина Е.В. Обоснование требований к выбору материалов для морского подводного оружия. // Подводное морское оружие. 2020. Вып. 2(50). С. 55-65.

В статье рассмотрены общие и типичные специальные требования, предъявляемые при выборе металлических и неметаллических материалов для изготовления КМЧ изделий. Основное внимание уделено требованиям к механическим характеристикам материалов, обеспечивающих прочность изделий и снижение их массогабаритных характеристик, а также проблеме коррозионной стойкости как основному фактору сохранения работоспособности изделий МПО в условиях агрессивного воздействия внешней среды в процессе их эксплуатации. За основу взяты результаты исследований по выбору материалов, изготовлению и испытаниям опытных и серийных конструкций, проведенных АО «Концерн «МПО – Гидроприбор».

УДК 623.9:620.19

Ключевые слова: морское подводное оружие, коррозионный износ, противокоррозионная защита, математическое моделирование.

Голованова М.В. Противокоррозионная защита морского подводного оружия: широта охвата проблемы. // Подводное морское оружие. 2020. Вып. 2(50). С. 66-71.

Статья посвящена оптимизации подхода к прогнозированию коррозионного износа и созданию средств противокоррозионной защиты. Приведены примеры математического моделирования для различных образцов МПО. Дана оценка преимущества математического моделирования перед другими методами исследования коррозионного износа и создания средств противокоррозионной защиты.

УДК 551.4.01

Ключевые слова: оценка эффективности, критерии эффективности, методы исследования процессов поиска и самонаведения, принятие решений в условиях определенности, риска и неопределенности.

Коровина Г.М., Кузьмицкий М.А., Луцкий А.Н., Новаков В.А. Формирование методики оценки эффективности МПО в ГНЦ «Гидроприбор» (окончание). // Подводное морское оружие. 2020. Вып. 2(50). С. 72-81.

В предыдущих главах статьи, опубликованных в сборнике № 4 (47), была приведена краткая история создания подразделения оценки эффективности МПО в ЦНИИ «Гидроприбор» и изложены теоретические основы методики оценки эффективности. В данном сборнике представлены последующие главы статьи и заключение.

УДК 623.964

Ключевые слова: морские робототехнические комплексы военного назначения, противоминные безэкипажные катера, тральщики, гидролокатор бокового обзора, минно-заградительные действия.

Сидоренков В.В., Жмурич К.В., Рожин К.Ю. Безэкипажные катера с гидролокатором бокового обзора. // Подводное морское оружие. 2020. Вып. 2(50). С. 82-88.

Принятие на вооружение кораблей проекта 12700 и 2235 ВМФ противоминного робототехнического комплекса Diamond с БЭК Inspector Mk 2 производства французской фирмы ECA порождает много вопросов о целесообразности таких закупок. Альтернативой иностранному комплексу стал отечественный БЭК с ГБО, созданный по ОКР «Сканда». В статье дана оценка возможности и эффективности применения БЭК с гидролокатором бокового обзора в противоминных действиях. Показаны их место и роль в организации противоминной обороны пунктов базирования сил флота.

УДК 623.9

Ключевые слова: юбилей, трудовая деятельность, заслуженный деятель.

Нисевич М.З. Юбилей ученого. // Подводное морское оружие. 2020. Вып. 2(50). С. 89-90.

К 90-летию Иона Гиршевича Льва.

УДК 623.946.08

Ключевые слова: медно-магниево-электроды, водоактивируемые батареи, электрические торпеды, испытания.

Родченко В.Г. Воспоминания участника создания медно-магневых источников тока для торпедного оружия. // Подводное морское оружие. 2020. Вып. 2(50). С. 91-95.

Статья посвящена тем, кто 40 лет назад начал работу по созданию медно-магневых торпедных источников тока, решив проблему замены серебра в водоактивируемых торпедных батареях.

УДК 623.933

Ключевые слова: акустические маяки, обнаружение цели, обозначение затонувших объектов, подводная навигация.

Вошуков Л.В. Разработки акустических маяков в ГНЦ «Гидроприбор». // Подводное морское оружие. 2020. Вып. 2(50). С. 96-99.

В статье представлен обзор акустических маяков различного назначения, созданных специалистами ГНЦ «Гидроприбор» в 1960-2010-е годы.

УДК 355/359.08

Ключевые слова: подводная лодка, изделие, испытания, торпеда, внедрение.

Кожин В.С. Как это было. // Подводное морское оружие. 2020. Вып. 2(50). С. 100-102.

В статье приводится описание проблем и технических решений, используемых в процессе внедрения универсальной системы предстартовой подготовки торпеды УСЭТ-80 на заказ 711.

УДК 623.9

Ключевые слова: наука, научно-теоретическая лаборатория, проектирование, торпедное оружие.

Алиев Ш.Г. История создания научно-теоретической лаборатории при заводе «Дагдизель». // Подводное морское оружие. 2020. Вып. 2(50). С. 103-105.

Об истории создания научно-теоретической лаборатории для проектирования перспективных образцов торпед на математических принципах.

УДК 355.16

Ключевые слова: победа в Великой Отечественной войне, ветераны, история, память.

Эйтингин Г.Л., Шаповалова А.Е. Бессмертный батальон. // Подводное морское оружие. 2020. Вып. 2(50). С. 106-126.

Статья посвящена сотрудникам ГНЦ «Гидроприбор» – участникам Великой Отечественной войны. К 75-летию Победы готовится к печати книга памяти фронтовиков-работников НИИ-400 – НПО «Уран» – ЦНИИ «Гидроприбор» и завода «Двигатель».

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Агеев Д.М. – главный конструктор АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»

Алиев Ш.Г. – академик, д.т.н., профессор, генеральный конструктор САПР АО «Завод «Дагдизель»

Бакуменко С.А. – старший научный сотрудник НИЦ (г. Люберцы) ЦНИИ ВВС (Минобороны России)

Беликов А.А. – ведущий инженер АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»

Вощуков Л.В. – ведущий специалист АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»

Голованова М.В. – к.т.н., ведущий научный сотрудник АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»

Григорьев В.Н. – заместитель начальника отделения АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»

Дмитриев М.В. – инженер 1 категории АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»

Дун В.А. – к.т.н., начальник сектора АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»

Егорова Н.А. – к.т.н., старший научный сотрудник НИЦ (г. Санкт-Петербург) ЦНИИ ВВС (Минобороны России)

Жалнин А.В. – начальник отдела АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»

Жмурич К.В. – к.т.н., НИИ ОСИС ВУНЦ ВМФ «ВМА»

Китаевич А.П. – инженер-конструктор 1 категории АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»

Кожин В.С. – главный конструктор АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»

Коровина Г.М. – ведущий инженер-программист АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»

Кудрявцев Н.А. – д.т.н., ведущий инженер АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»

Кузьмицкий М.А. – д.т.н., профессор, консультант АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»

Луцкий А.Н. – главный специалист АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»

Мартынов В.Л. – д.т.н., советник РАН, главный специалист АО «Концерн «МПО – Гидроприбор», профессор кафедры радиосвязи на морском флоте ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова

Михайлов В.А. – д.т.н., профессор, главный научный сотрудник АО «Концерн МПО-Гидроприбор»

Мойса В.А. – главный конструктор АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»

Нисневич М.З. – главный конструктор АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»

Новиков В.А. – к.т.н., с.н.с., начальник сектора АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»

Овштейн Е.И. – начальник сектора АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»

Патрушев В.В. – генеральный директор АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»

Петров М.П. – начальник отдела АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»

Родченко В.Г. – к.т.н., снс, начальник сектора АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»

Рожин К.Ю. – к.т.н., доцент НИИ ОСИС ВУНЦ ВМФ «ВМА»

Сидоренков В.В. – д.т.н., профессор НИИ ОСИС ВУНЦ ВМФ «ВМА»

Солодовниченко М.Б. – к.т.н., заведующий кафедрой радиоэлектроники ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова

Сударчиков В.А. – канд. воен. наук, начальник центра АО «Концерн МПО-Гидроприбор»

Сухарев В.А. – начальник сектора АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»

Филимонов А.К. – д.т.н., профессор, заместитель генерального директора АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» по науке

Эйтингин Г.Л. – ведущий инженер-конструктор АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»

Шаповалова А.Е. – ведущий научный сотрудник АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»

Шарова Н.О. – начальник сектора АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»

Щукина Е.В. – к.т.н., начальник отделения АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»

**Научно-технический сборник
«Подводное морское оружие»**

Вып. 2 (50) 2020



Подписано в печать 17.02.2020 г.
В сборнике 16 статей
Формат 60x80 1/6. Бумага офсетная. Печ. л. 7,0
Тираж 250 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