



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

ПОДВОДНОЕ МОРСКОЕ ОРУЖИЕ 4 (47) 2019



ПОДВОДНОЕ МОРСКОЕ ОРУЖИЕ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

4 (47)
2019



Издается с 2003 г.

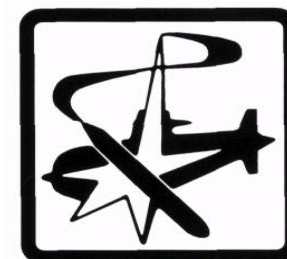
Санкт-Петербург – 2019 г.



ПОДВОДНОЕ МОРСКОЕ ОРУЖИЕ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

**4 (47)
2019**



Издается с 2003 г.

Санкт-Петербург – 2019 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. – 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., начальник отделения – начальник отдела – главный конструктор

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

КАТКОВ В.А. – начальник отдела

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

КРИНСКИЙ А.Ю. – начальник отдела – главный конструктор

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

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

МАТВИЕНКО С.А. – заместитель генерального директора по персоналу

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

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

ПОЛЕНИН В.И. – д-р воен. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры

ВУНЦ ВМФ «ВМА им. Н.Г. Кузнецова»

ПОТАПОВ В.И. – д-р воен. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники, профессор кафедры ВУНЦ ВМФ «ВМА им. Н.Г. Кузнецова»

ПУЧНИН В.В. – д-р воен. наук, профессор, профессор кафедры ВУНЦ ВМФ «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

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

Необитаемые подводные аппараты и платформы морского назначения

Комплексы и системы

Тренажеры и тренажерные комплексы

Подходы и методы

Носители морского подводного оружия

Применение сил (войск) в мирное и военное время

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 и воинское, 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. «Гидроприбор» как Государственный научный центр: к 25-летию присвоения статуса ГНЦ РФ.....5

ТОРПЕДНОЕ ОРУЖИЕ И СИСТЕМЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ

Михайлова Е.В., Рикконен Н.М., Шаронов Е.А. Разработка и применение материалов на основе графита для узлов газораспределения тепловых торпед.....9

ПОДВОДНЫЕ АППАРАТЫ
И ПЛАТФОРМЫ МОРСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Красильников Р.В., Нисневич М.З. История развития необитаемых подводных аппаратов разработки ГНЦ «Гидроприбор».....27

КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

Аляев Ю.Г. Об оптимальном расположении гидроакустических маяков.....36
Бирюков В.Н., Костромитинов В.Г., Мойса А.В., Петров М.П., Тимофеева И.В. Средства гидроакустического противодействия. Методы генерации мощной заградительной помехи.....43
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.....55

ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ

Патрушев В.В., Филимонов А.К., Акоюн А.Б., Кузнецов Д.И. Современная система подготовки кадров по направлению «Корабельное вооружение».....69
Репин А.А., Сударчиков В.А., Шаповалова А.Е. Музей морского подводного оружия как научно-методическая база подготовки специалистов ГНЦ «Гидроприбор».....75
Коровина Г.М., Кузьмицкий М.А., Луцкий А.Н., Новаков В.А. Формирование методики оценки эффективности МПО в ГНЦ «Гидроприбор».....79

НОСИТЕЛИ МОРСКОГО ПОДВОДНОГО ОРУЖИЯ

Ещенко Я.В., Попов А.Н., Пучнин В.В., Сударчиков В.А. Проблемы строительства и развития ВМФ России.....89

ЭКОНОМИКА И ФИНАНСЫ

Добычин А.В., Кузьмин А.С., Никитин А.П., Родченко В.Г. Обоснование неотложных мер при разработке Стратегии развития АО «Концерн «МПО – Гидроприбор».....99
Терюхов В.Е. Актуальная модель системы внутреннего контроля и управления рисками.....108

КОНФЕРЕНЦИИ, СИМПОЗИУМЫ, МАРКЕТИНГ, ВЫСТАВКИ, РЕКЛАМА

Новиков Ю.В. Военно-техническое сотрудничество ГНЦ АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» с зарубежными странами.....111

АННОТАЦИИ.....128

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ.....131

УДК 658.114.45

В.В. ПАТРУШЕВ

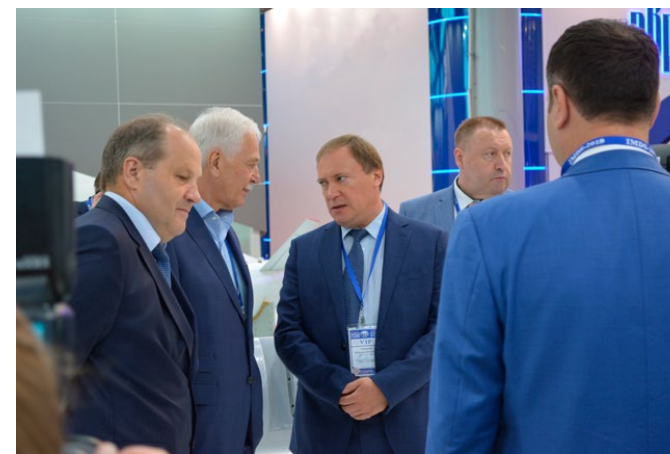
«ГИДРОПРИБОР» КАК ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР:
К 25-ЛЕТИЮ ПРИСВОЕНИЯ СТАТУСА ГНЦ РФ

Статья посвящена основным направлениям деятельности АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» как Государственного научного центра.

В июне 1994 года Постановлением Правительства РФ за № 649 ЦНИИ «Гидроприбор» был присвоен статус Государственного научного центра РФ, что является официальным признанием заслуг института в создании высокоэффективных систем подводной техники и формировании уникальной отечественной школы специалистов морского подводного оружия.

В военно-промышленном комплексе

России «Гидроприбор» играет ведущую роль в разработке, производстве и поставках морского подводного оружия. Это обусловлено высоким научно-техническим потенциалом предприятия, которое представляет собой научно-производственный центр, отвечающий за разработку и создание практически всей основной номенклатуры морского подводного оружия и средств борьбы с ним.



Генеральный директор ГНЦ АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» В.В. Патрушев и председатель Совета директоров АО «Корпорация «ГРВ» Б.В. Грызлов на Международном военно-морском салоне – 2019

За 75-летний период деятельности в Концерне создана научная школа по теории проектирования и технологии создания морского подводного оружия. В настоящее время школа объединяет более 60 кандидатов и докторов наук.

В рамках научной школы поддерживается и развивается ряд научных направлений:

- теория и методы проектирования торпедного оружия;
- теория и методы проектирования морского минного оружия;
- теория и методы проектирования автономных необитаемых подводных аппаратов;
- теория проектирования систем самонаведения морского подводного оружия;

- проектирование гидроакустических антенн;
- методы и технологии обработки сейсмогидроакустической информации в неконтактной аппаратуре морских мин;
- буксируемые противоминные и специальные средства;
- гидродинамика морского подводного оружия;
- двигательные установки морского подводного оружия;
- системы управления движением торпед;
- активно-пассивные системы противоторпедного оружия;
- материалы и технологии, применяемые в конструкциях морского подводного оружия;

- воздействие электрофизических полей на материалы и технологические процессы изготовления;
- математическое моделирование коррозионной стойкости конструкций морского подводного оружия;
- имитация физических полей НК и ПЛ;
- системы технического зрения подводных аппаратов;
- радиоэлектронные системы сбора и передачи информации в комплексах морского подводного оружия;
- эффективность применения подводного морского оружия.

Научные исследования, проводимые Концерном, предназначены для создания продукции военного, гражданского и двойного назначения.



Генеральный директор АО «Корпорация «ТРВ» Б.В. Обносов, генеральный директор В.В. Патрушев, заместитель генерального директора по науке А.К. Филимонов на форуме «Неделя науки в ГНЦ АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»

За время существования предприятий Концерна получено более 5 000 патентов и авторских свидетельств. Аспирантура действует с 1949 г., докторантура – с 1987 г. В специализированном диссертационном совете организации защищено более 350 кандидатских и 40 докторских диссер-

таций. За последние пять лет прошла защита трех докторских и четырех кандидатских диссертаций сотрудников «Гидроприбора» и двух докторских и одной кандидатской диссертации соискателей сторонних организаций.



Защита кандидатской диссертации в специализированном диссертационном совете Концерна

Для подготовки научных кадров в Концерне создан Центр организационно-методического и научно-технического сопровождения, который организует процесс обучения кадров высшей квалификации, осуществляет руководство и контроль за подготовкой аспирантов и докторантов Концерна. Благодаря целенаправленной кадровой политике в последние годы значительно возросла мотивация молодых специалистов к обучению в аспирантуре и защите диссертаций. В настоящее время в

аспирантуре Концерна проходят обучение 15 аспирантов.

Центр организует и проводит ежегодную научно-техническую конференцию молодых специалистов, которая способствует повышению их профессионального уровня, подготовке кадров высшей квалификации, а также интеграции научно-технического и производственно-технологического потенциала. По результатам конференции выпускается сборник научных трудов.



Участники конференции молодых специалистов

Присвоение институту статуса Государственного научного центра РФ расширило возможности проведения фундаментальных и поисковых исследований

и обеспечило дополнительное плановое финансирование по линии Министерства науки и высшего образования в интересах оборонных и конверсионных разработок.



Главный конструктор А.И. Кабанов демонстрирует комплекс изделия министру промышленности и торговли Д.В. Мантурову

Сегодня ГНЦ «Гидроприбор» – это научно-производственный центр, в составе которого имеются научные, проектно-конструкторские и технологические подразделения, экспериментально-опытное и серийное производство, лабораторно-стендовая и испытательная база, включая опытовые суда. В настоящее время на территории предприятия в рамках ФЦП ведётся строительство двух современных лабораторных корпусов, которые будут оснащены самым

современным лабораторно-стендовым и испытательным оборудованием.

ГНЦ АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» успешно выполняет возложенные на него Правительством РФ обязанности ведущего научного центра по морской подводной технике. Распоряжением Правительства РФ от 06 июня 2019 г. № 1221-р за Концерном сохранен статус Государственного научного центра Российской Федерации.

УДК 623.946.08

к.т.н. Е.В. МИХАЙЛОВА, Н.М. РИККОНЕН,
к.т.н. Е.А. ШАРОНОВ

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ГРАФИТА ДЛЯ УЗЛОВ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ТОРПЕД

В статье изложены технологические особенности получения и испытания антифрикционных композиционных материалов в узле трения газораспределительного механизма аксиально-поршневого двигателя тепловых торпед. Приведены результаты разработки, стендовых и натурных испытаний дисков из композиционных графитов типа МПГ, модифицированных оксидом хрома. Показано, что композиционный графит МПГ-7/2С и МПГ-8 с оксидом хрома обеспечивает заданную надежность в узле трения тепловых торпед.

Разработка газораспределительного механизма (ГРМ) с плоским уплотнением для аксиально-поршневого двигателя (АПД) энергосиловой установки (ЭСУ) тепловых торпед представляет сложную техническую задачу с применением специальных конструктивных материалов. Для обеспечения надежности узла ГРМ материалы пары трения золотника с диском должны обеспечивать:

- прочность при подаче продуктов сгорания топлива давлением до 34 МПа и температурой до 1200 °С;
- герметичность – отсутствие утечек продуктов сгорания топлива по структуре материала и в контакте пары трения;
- стойкость пары трения к задирам, схватыванию;
- износостойкость пары трения в течение заданного ресурса;
- эрозионную стойкость при воздействии продуктов сгорания с наличием твердых или пластичных продуктов и забортной воды;
- термостойкость при нагреве продуктами сгорания и одновременном охлаждении водой;
- низкий коэффициент трения;
- стойкость к ударным и вибрационным нагрузкам при работе АПД.

Из имеющихся в промышленности конструктивных и композиционных материалов ни один в полной мере не обеспе-

чивает комплекс перечисленных свойств. Поэтому целью выполненной в АО «НИИ мортеплотехники» (АО «НИИ МТТ») работы стало испытание имеющихся в промышленности композиционных материалов, а также разработка нового материала для пары трения узла ГРМ торпед УГСТ.

1 МЕТОДИКА, МАТЕРИАЛЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И ПРИБОРЫ

Из традиционно применяемых материалов в паре трения узла ГРМ в мировой практике обычно применяются сплавы молибдена и графит. В качестве исходного материала для изготовления дисков использовали следующие марки малопористых конструктивных графитов: МПГ-6, МПГ-7, по ТУ1915-051-00200851-2005, ТУ1915-051-00200851-2005 производства Московского электродного завода, МПГ-8 по ТУ1915-050-27208846-2005 производства Новочеркасского электродного завода, МПГ-7/1С по ТУ1915-004-07507216-05 и МПГ-7/2С по ТУ1915-006-07507216-05 производства АО «ОДК «САЛЮТ». Для изготовления дисков также использовали другие марки композиционных углеродных материалов производства НИИ «Графит»:

- графит МФС (МПГ-8, пропитанный из расплава серебра);
- графит, пропитанный эвтектическим сплавом сурьма-железо;

– углеситалл УСБ-15, получаемый осаждением углерода и бора из газовой фазы на подложку из графита [1].

Определение объёмной открытой пористости материалов на основе графита производилось по ГОСТ 473.4-81 методом гидростатического взвешивания дисков в дистиллированной воде с использованием установки пропитки и электронных весов AND DX-300 и ВСЛ-400/1 с точностью до 0,001 г. Исследования характеристик пористости и возможных дефектов в готовых дисках проводилось методом компьютерной микротомографии на рентгеновском микротомографе SkyScan 1172 (Bruker Micro-CT, Бельгия) с разрешающей способностью 13,7 мкм.

Фазовый состав исходных и пропитанных графитов изучали рентгенофазовым анализом с помощью дифрактометра ДРОН-3. Исследование микроструктур и состава проводилось с помощью микроскопов Levenhuk DTX 720, микровизора μ Vizo-MET-221 и растрового электронного микроскопа Karl Zeiss Supra 55VP с применением рентгеноспектрального микроанализатора INCA WAVE.

2 РЕЗУЛЬТАТЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ УГЛЕРОДНЫХ МАТРИАЛОВ

На ранних стадиях обработки АПД в паре трения ГРМ с плоским уплотнением использовали золотник из молибдена и углеродные композиционные материалы поставки АО «НИИ «Графит» и МЭЗ. Предварительные результаты испытаний, приведенные в таблице 1, показали, что диски из графита, пропитанные органическими продуктами разложения фурфуролового спирта, не выдерживают термического воздействия продуктов сгорания, растрескиваются или разрушаются. Недостатком графита, пропитанного серебром из расплава эвтектикой сурьма-железо,

был повышенный износ, достигающий 3 мм и более. Углеситалл УСБ-15 показал повышенный износ и эрозийное разрушение внутри 6 отверстий на всю толщину дисков.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ПРОПИТКЕ ОКСИДОМ ХРОМА

3.1 Описание технологии пропитки оксидом хрома (VI) CrO_3

Ввиду отсутствия положительных результатов испытания материалов в АО «НИИ МТТ» были начаты работы по уплотнению и повышению износостойкости графитов МПГ методом пропитки оксидом хрома (VI) из водного раствора CrO_3 [2]. Использовали технический хромовый ангидрид CrO_3 по ГОСТ 2548-77. Была разработана установка вакуумно-компрессионной пропитки (ВКП) дисков, схема которой приведена на рисунке 1. Для пропитки оксидом хрома заготовки дисков из графита загружались в автоклав, где для удаления воздуха из пор графита форвакуумным насосом создавали вакуум до 10-2 мм рт. ст., затем заливали водный раствор хромового ангидрида CrO_3 и создавали давление до 12 МПа. Предварительно были проведены эксперименты по термическому разложению оксида хрома (VI) – хромового ангидрида CrO_3 в диапазоне до температуры полного разложения при 420 °С. Было установлено, что процесс разложения оксида хрома CrO_3 протекает в четыре стадии с образованием промежуточных соединений:

1 – плавление при температуре 180- 200 °С;

2 – образование фазы Cr_2O_3 при температуре 300-340 °С;

3 – образование фазы Cr_3O_{12} при температуре 385 °С;

4 – образование фазы Cr_2O_3 при температуре 420 °С.

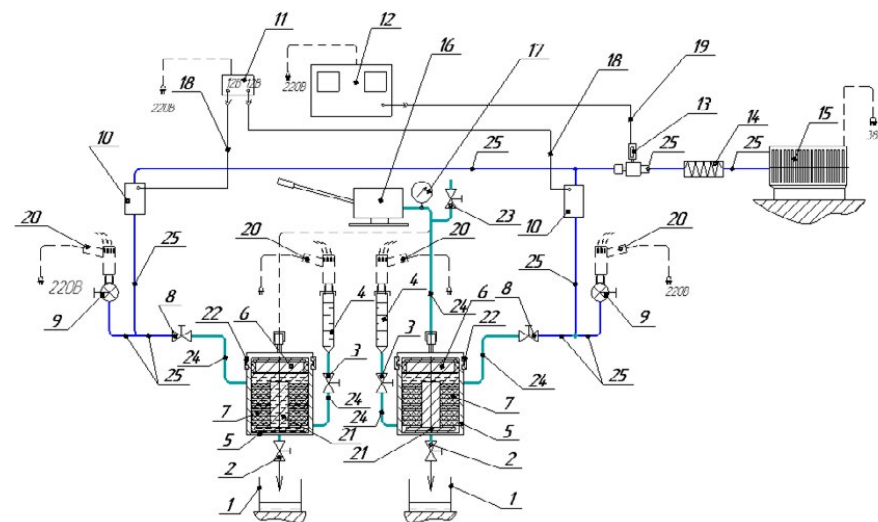


Рисунок 1 – Схема установки вакуумно-компрессионной пропитки графита:

1 – емкость для слива пропиточной жидкости; 2, 3, 8 – краны высокого давления; 4 – воронка для залива жидкости; 5 – камера-автоклав; 6 – поршень-камеры; 7 – пропитываемые диски из графита; 9 – вентиль вакуумный; 10 – клапан вакуумный; 11 – блок управления клапанами; 12 – вакуумметр ВИТ-3; 13 – преобразователь ионизационно-термопарный ПМТ-4М; 14 – сильфонный или вакуумный шланг; 15 – вакуумный насос НВР-90Д; 16 – гидропресс; 17 – манометр 25МПа; 18, 19 – провода управления; 20 – подогреватель воздуха; 21 – оснастка для установки пропитываемых деталей; 22 – замковые полукольца; 23 – стравливающий кран; 24, 25 – трубопроводы

При этом на стадиях 2 и 3 наблюдается экзотермический эффект, а на стадии 4 – эндотермический. Оксид хрома CrO_3 при плавлении не смачивает графит и не проникает в поры графита, а остается на поверхности. Поэтому для полного заполнения пор графита на всю толщину дисков процесс пропитки проводили в несколько операций:

- вакууммирование;
- заливка раствора CrO_3 ;
- выдержка при давлении;
- сушка дисков при температуре 120 °С;
- термообработка в засыпке порошка графита по режиму с учетом фазовых превращений $\text{CrO}_3 \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3$.

Контроль процесса пропитки в автоклаве осуществлялся фиксацией на ПК

параметров вакуума и давления с помощью программы «Stand Commander», разработанной в АО «НИИ МТТ». Температуру и время технологических режимов сушки и термообработки дисков после пропитки задавали посредством электронных терморегуляторов: Варта ТП 700 на сушильном шкафу SNOL 67/350 и ТП 403 на электропечи и SNOL 30/1100. Процентное содержание оксида хрома и других фаз в дисках зависело от марки графита и его открытой пористости. После многократного повторения операций пропитки максимальный привес внедренных в графит фаз для графита МПГ-6 достигал 60% при его исходной открытой пористости от 20 до 30%. Привес для графита МПГ-7/2С составлял 11-25% при его исходной открытой пористости от 8 до 16%.

Таблица 1 – Результаты предварительных стендовых испытаний дисков из композиционных углеродных материалов в ГРМ

№	Марка материала диска	Характеристика материала	ТУ, поставщик	Годы испытаний	Результат испытаний
1	АГ-1500-СО5	Графит АГ-1500, пропитанный свинцом	ТУ 48-20-3-77 «Московский электродный завод»	1986	Выдавливание свинца из пор графита. Повышенный износ
2	Графит МПГ-8, пропитанный фурфуроловым спиртом	Термообработка при 300°С	АО «НИИ «Графит»	1987	Отсутствие термостойкости – разрушение структуры графита
		Термообработка при 1000°С	АО «НИИ «Графит»	1988	Повышенный износ. Образование трещин, эрозия графита
3	Графит МФС: МПГ-6, МПГ-8, пропитанный из расплава серебра	Содержание серебра от 9 до 37%	АО «НИИ «Графит»	1987-1998	Недостаточная герметичность. Повышенный износ более 3 мм, разрушение графита
4	Графит МПГ-8, пропитанный серебром из водного раствора $AgNO_3$	Содержание серебра более 20г в диске из графита	Пропитка АО «НИИ МТТ»	1988-1989	Повышенный износ. Негерметичность структуры графита
5	Графит МПГ-6, пропитанный эвтектикой сурьма-железо	Содержание сплава сурьма-железо 41%	АО «НИИ «Графит»	1988-1991	Повышенный износ
6	Углеситалл УСБ-15, получаемый из газовой фазы пиролизом углеводородов с хлоридом бора	Содержание бора 8-20%, остальное углерод	ТУ 48-20-145-88 АО «НИИ «Графит»	1987, 1988	Повышенный износ. Эрозионное разрушение на всю толщину диска

Примечание: до 28.08.1989 г. испытания проведены при работе с золотником из молибдена, а после 1989 г. – с золотником из стали 14Х17Н2.

3.2 Анализ структуры графита, модифицированного оксидом хрома

Микроструктуры графита МПГ-8 и МПГ-7/2С, модифицированного оксидом хрома, приведены на рисунке 2. Для МПГ-8 структура мелкозернистая с равномерно распределенной пористостью размером до 100 мкм. Графит МПГ-7/2С отличается более крупным зерном и неравномерным распределением пор по размеру. Пример рас-

пределения открытой, закрытой и общей пористости по размерам пор по данным рентгеновского микротомографического исследования для диска из графита МПГ-7/2С приведен на рисунке 3, из которого видно, что основной размер пор не превышает 83 мкм. Однако в других дисках встречаются отдельные поры и цепочки пор размером до 360 мкм в количестве до 0,05%.

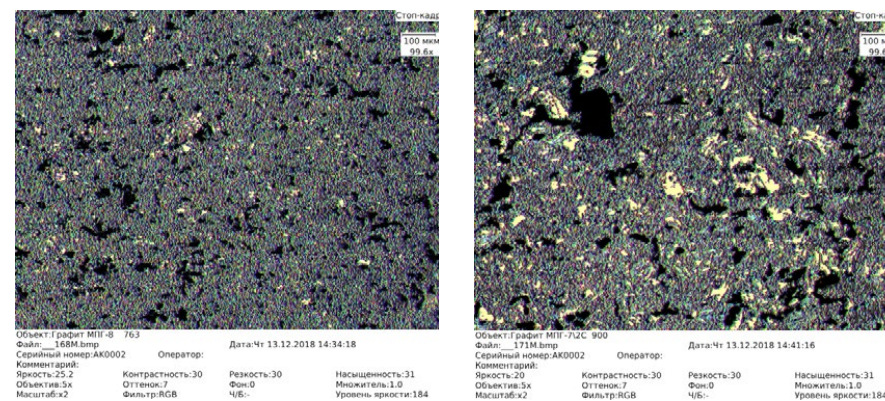


Рисунок 2 – Микроструктуры графита МПГ-8 (33% Cr_2O_3) (а) и МПГ-7/2С (25% Cr_2O_3) (б) на поперечных шлифах дисков (Микровизор μ Vizo-MET-221)

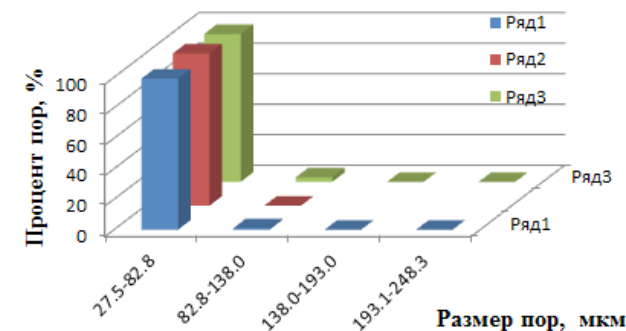


Рисунок 3 – Распределение пор по размерам для диска из графита МПГ-7/2С (19,4% Cr_2O_3) для разных видов пористости: 1 ряд – открытая пористость, 2 ряд – закрытая пористость, 3 ряд – общая пористость (микротомограф SkyScan 1172)

Электронно-микроскопический анализ содержания элементов в структуре графита после пропитки производился на поперечных шлифах путем сканирования участков размером 1x1 мм на всю толщину дисков с перекрытием каждого участка на 0,1-0,2 мм. РЭМ анализ с применением рентгеноспектрального микроанализатора позволил установить, что распределение элементов хрома и кислорода, а следовательно, оксида хрома, происходит равномерно по всему объему диска (рисунок 4). Из карт распределения элементов на крайних участках дисков (рисунок 5, рису-

нок 6) также видно, что степень заполнения открытых пор равномерна. На поверхности графита после пропитки производился на поперечных шлифах путем сканирования участков размером 1x1 мм на всю толщину дисков с перекрытием каждого участка на 0,1-0,2 мм. РЭМ анализ с применением рентгеноспектрального микроанализатора позволил установить, что распределение элементов хрома и кислорода, а следовательно, оксида хрома, происходит равномерно по всему объему диска (рисунок 4). Из карт распределения элементов на крайних участках дисков (рисунок 5, рису-

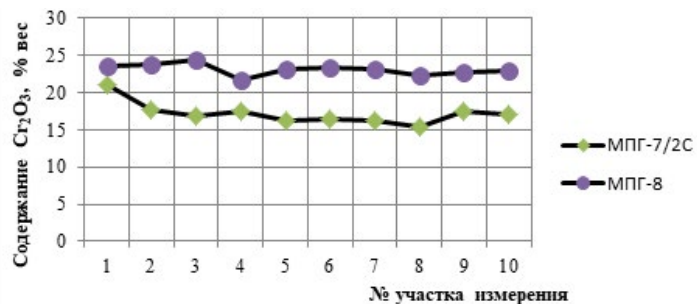


Рисунок 4 – Распределение оксида хрома по толщине дисков из графита МПГ-7/2С и МПГ-8 (РЭМ Karl Zeiss Supra 55VP)

На поверхности поперечных шлифов дисков из графита МПГ-7/2С встречаются крупные поры размером 100 мкм и более (рисунок 7а), которые методом пропитки из водного раствора хромового ангидрида не уплотняются, что приводит к недостаточной герметичности графитовых дисков после пропитки. В графите МПГ-8 крупных незаполненных пор не наблюдается (рисунок 7б). Размер пор и, соответственно, размер конгломератов оксида хрома в порах в графите МПГ-8 намного меньше, чем в графите МПГ-7/2С. Кроме обычных пор, в образцах дисков из графита МПГ-7/2С на поперечных срезах наблюдается большое количество вытянутых в виде щелей микропор, заполненных оксидом хрома. Причем образованные вытянутые прослойки оксида хрома наблюдаются даже в пределах отдельных частиц графита (рисунок 7а). На аналогичных поперечных срезах из графита МПГ-8 количество таких слоистых образований очень мало (рисунок 7б). Толщина прослоек оксида хрома, измеренная по снимкам структур, находится в пределах 0,3-1,2 мкм (300-1200 нм). Наличие плотных твердых прослоек из оксида хрома внутри зерен модифицированного графита, по нашему мнению, является одной из причин значительного повышения износостойкости.

Результаты исследования структур и состава внутри и вокруг пор, заполненных оксидом хрома, показали наличие следующих структурных зон (рисунок 8):

- 1 – оксид хрома;
- 2 – каналы и микропоры внутри структуры оксида хрома;
- 3 – промежуточная зона между оксидом хрома и графитом по периметру поры.

Каналы и микропоры зоны 2 внутри структуры оксида хрома образуются за счет испарения воды в процессе сушки при пропитке. Зона 3 вокруг пропитанной поры представляет собой слоистую структуру с чередованием участков и слоев оксидов хрома и графита. Причем направление слоистой структуры может быть ориентировано как по радиусу, так и по окружности поры. Измерением размеров структур установлено, что в зоне 3 расстояние между слоями оксида хрома и слоями графита оценивается в диапазоне 0,16-0,4 мкм (160-400 нм). С учетом этих размеров можно предположить, что на границе заполненной оксидом хрома поры и графитом при разложении CrO_3 происходит проникновение атомарного кислорода по границам слоев графита, разрыв связей С-С между слоями и окисление межслоевых границ с последующим заполнением пустот оксидом хрома. Формирование щелевидных микропор шириной 0,77-0,92 мкм в структуре графита в процессе химического интеркарирования хромовым ангидридом отмечено в работе [3]. В работе [6] предполагается, что при этом образуются межслоевые соединения с хромом, состоящие из смеси графита, Cr_3O_8 и, возможно, Cr_2O_5 .

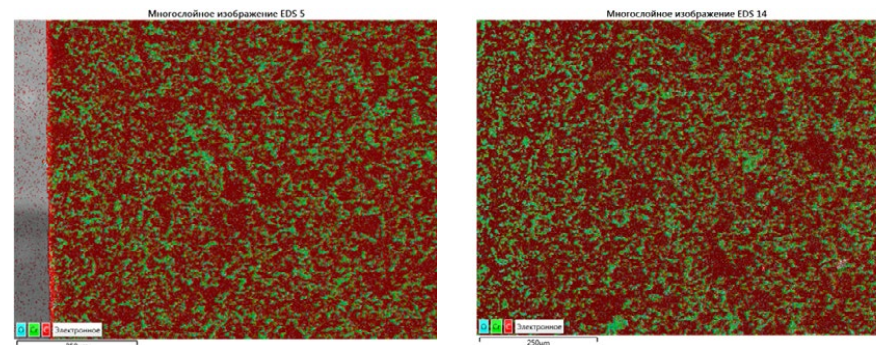


Рисунок 5 – Распределение элементов (кислорода, хрома и углерода) в крайних участках по толщине диска из графита МПГ-8 с оксидом хрома (РЭМ Karl Zeiss Supra 55VP)

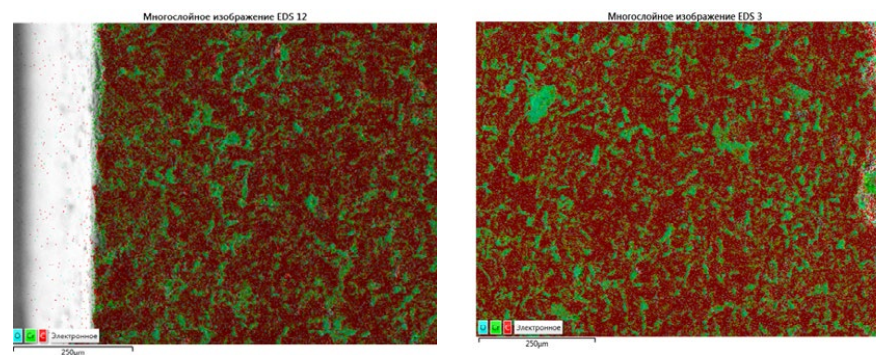


Рисунок 6 – Распределение элементов (кислорода, хрома и углерода) в крайних участках толщины диска из графита МПГ-7/2С с оксидом хрома (РЭМ Karl Zeiss Supra 55VP)

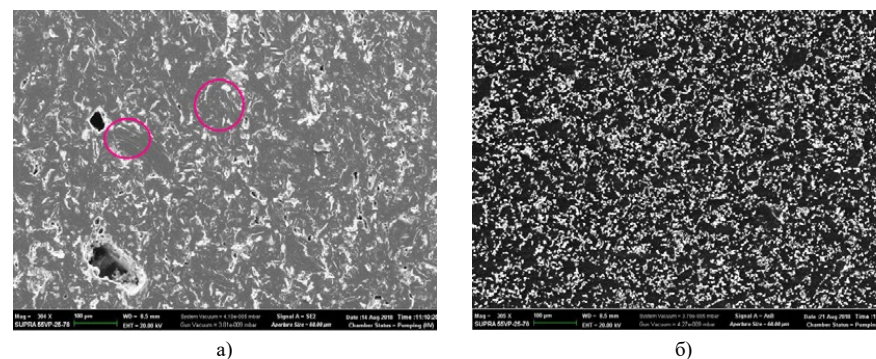


Рисунок 7 – Структура дисков МПГ-7/2С (а) и МПГ-8 (б), пропитанных оксидом хрома (РЭМ Karl Zeiss Supra 55VP)

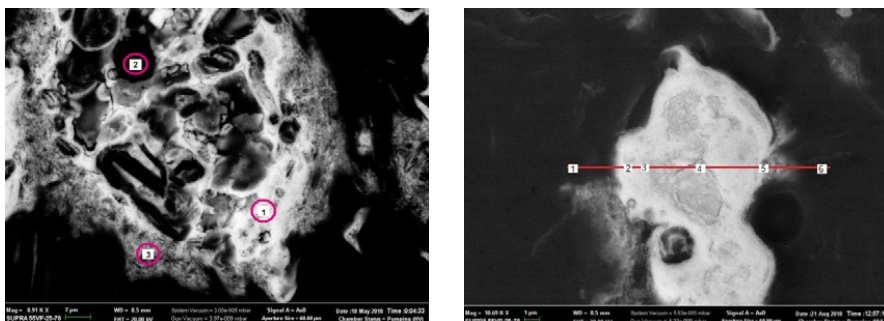


Рисунок 8 – Структура оксида хрома внутри поры размером около 27 мкм на срезе диска из графита МПГ-7/2С: а – вид не полностью заполненной поры размером около 28 мкм; б – вид заполненной поры размером 10x17 мкм с наложением линии сканирования и точками анализа (РЭМ Karl Zeiss Supra 55VP)

Как показано в таблице 2, содержание оксида хрома по сечению объемных пор в графите МПГ-7/2С может находиться в пределах от нескольких процентов до

98%. Для графита МПГ-8 содержание оксида хрома внутри поры находилось в пределах 73%.

Таблица 2 – Состав по точкам внутри поры размером около 27 мкм на срезе диска из графита МПГ-7/2С, модифицированного оксидом хрома

№ точки на рисунке 8б	Содержание элементов, % вес		Содержание Cr ₂ O ₃ , % вес
	Кислород	Хром	
1	0.57	1.23	1.80
2	30.83	66.80	97.63
3	19.13	41.45	60.58
4	31.09	67.37	98.47
5	24.46	53.00	77.47
6	2.45	5.30	7.75

Распределение элементов в случае полностью заполненной поры в графите МПГ-7/2С показано на рисунке 9, где видно, что химический состав плавно изменяется от углерода до оксида хрома с образованием по границе между порой, заполненной оксидом хрома, и графитом промежуточных зон толщиной 4-5 мкм, содержащих углерод, хром и кислород. Предполагается, что в таких зонах по границам пор происходит формирование межслоевых соединений с хромом, т.е. присутствует интеркалированный графит [5, 7, 8, 9, 10, 11].

Дополнительным характерным признаком образования интеркалированного графита является увеличение объема (разбухание) материала [5, 6], что наблюдалось после пропитки, когда чистовые размеры дисков увеличивались. При воздействии окислителя CrO₃ также может формироваться структура окисленного графита (оксид графита) [6, 12, 13].

Межслоевое расстояние в решетке графита составляет 3,35 Å, а в оксиде графита увеличивается до 7,2-8,4 Å [4], что приводит к увеличению объема и формиро-

ванию внутренних напряжений. Результаты анализа распределения углерода, хрома и кислорода в модифицированном графите показали следующее:

- на поверхности заготовок диска до механической обработки образуется пленка толщиной 20-30 мкм из частиц оксида хрома с содержанием оксида хрома до 92%. Эта пленка образуется из остатков хромового ангидрида на поверхности диска непосредственно

после пропитки в результате выдавливания раствора хромового ангидрида из пор на поверхность в процессе операции сушки;

- на поперечных срезах дисков из графита МПГ-7/2С наблюдается большое количество вытянутых щелевидных микропор, заполненных оксидом хрома;
- по периметру пор, заполненных оксидом хрома, формируется слой, состоящий из интеркалированного графита.

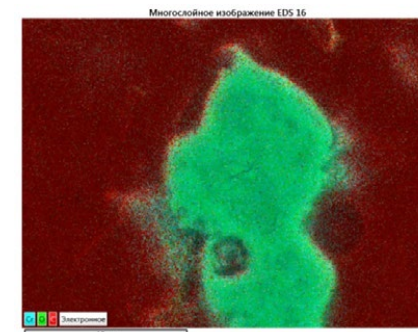
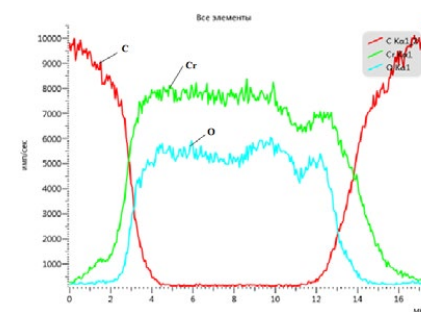


Рисунок 9 – Распределение элементов внутри поры размером 10x17 мкм, заполненной оксидом хрома, на срезе диска из графита МПГ-7/2С: а – по линии сканирования, б – по площади (РЭМ Karl Zeiss Supra 55VP с микроанализатором)

3.3 Варианты дополнительной пропитки графита органическими веществами

При пропитке оксидом хрома графита МПГ-7/2С количество циклов пропитка – сушка – термообработка достигало 20 и более. При этом из-за неоднородности пористости не всегда обеспечивалось требование по герметичности дисков. С целью устранения этого недостатка и сокращения числа пропиток можно вводить в поры графита органические вещества, которые при деструкции в процессе термообработки образуют газообразные углеводороды, а в сухом остатке выделяют углерод. Из практики производства композиционных углеродных материалов известно, что в качестве таких органических веществ могут использоваться: каменноугольный пек,

нефтяной кокс, терморезистивные смолы, фурфуроловый спирт, бакелитовая смола и другие [5]. С целью предотвращения окисления графита внутри пор между операциями сушки раствора CrO₃ и термообработки на опытной партии дисков использовалась дополнительная пропитка пор керосином ТС-1 ГОСТ 10227-86. Выбор керосина обусловлен тем, что он обладает высокой проникающей способностью и содержит смеси углеводородов с температурой кипения 110-320 °С, газообразные продукты которых при температуре термообработки до 420 °С предотвращают окисление графита внутри пор атомарным кислородом, выделяемым при термическом разложении CrO₃. Установлено, что при введении дополнительной пропитки керосином количество циклов для графита МПГ-7/2С может

быть уменьшено с 12-14 до 8-10 (рисунок 10). Обработка результатов экспериментов показала, что зависимости привеса массы дисков M в % к начальной массе от исходной пористости Π для графита МПГ-7/2С могут быть выражены в виде следующих линейных уравнений:

– для серийного процесса пропитки без керосина с величиной достоверности $R^2 = 0,950$

$$M_{1(n)} = 2,449\Pi - 8,633 \quad (1)$$

– для экспериментального процесса пропитки с керосином с величиной достоверности $R^2 = 0,805$

$$M_{2(nк)} = 2,132\Pi - 6,411 \quad (2)$$

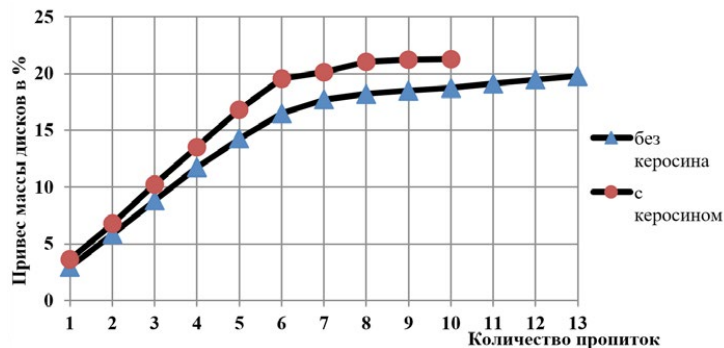


Рисунок 10 – Зависимость среднего привеса массы дисков из графита МПГ-7/2С от количества пропиток CrO_3 без керосина и с керосином

Как показано в работах [14,15], дополнительным введением в поры графита готового диска органических веществ, в частности керосина, за счет его испарения и деструкции можно обеспечить тепловую защиту поверхности в первые секунды работы АПД, когда еще нет охлаждения водой, и тем самым обеспечить стойкость к термическому удару. В штатном режиме работы АПД во время подачи воды за счет паровой конверсии углеводородов на поверхности трения может быть обеспечен дополнительный эффект снижения температуры [16].

С целью повышения герметичности модифицированного оксидом хрома графита проверили пропитку графита церезином. Церезин представляет собой смесь предельных углеводородов с формулой от $\text{C}_{36}\text{H}_{74}$ до $\text{C}_{55}\text{H}_{112}$ и в расплавленном виде обладает вы-

сокой проникающей способностью в поры. Использовали церезин 80 ГОСТ 2488-79 с температурой плавления 80°C и температурой кипения не ниже 400°C . Предварительно произведена проверка теплостойкости церезина в сушильном шкафу Snol 58/350 при температуре до 400°C с выдержкой 1 час. Было установлено, что до 200°C потери массы церезина не происходит (рисунок 11). При термообработке 300°C на воздухе церезин 80 начинает окисляться и теряет 73,8% по массе, а при температуре 400°C потеря массы составляет 95,07%. С учетом того, что диски в ЭДМ интенсивно охлаждаются водой и температура ориентировочно не превышает 300°C , была проведена пропитка модифицированных оксидом хрома дисков путем выдержки в расплаве церезина 80 при температуре 200°C .

Поскольку в продуктах сгорания топлива не содержится свободного окислителя, то выгорания церезина за счет химических реакций окисления не ожидается. С учетом высокого давления в КС предпо-

лагалось, что церезин в структуре графита должен работать при более высокой температуре, может оказывать смазывающее действие в зоне трения с золотником и снижать коэффициент трения.

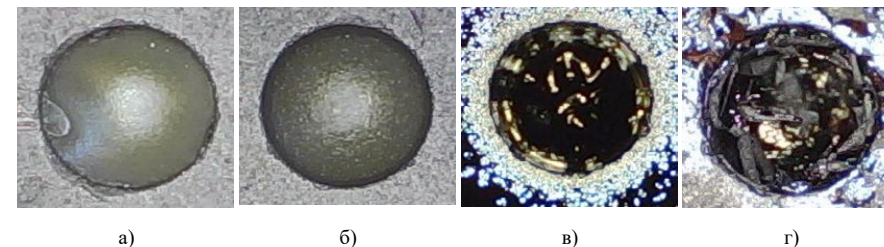


Рисунок 11 – Вид образцов из модифицированного оксидом хрома графита МПГ-7/2С с дополнительной пропиткой церезином в отверстии $\text{Ø}3$ мм после термообработки при температуре: 100°C (а), 200°C (б), 300°C (в), 400°C (г)

4 РЕЗУЛЬТАТЫ СТЕНДОВЫХ И НАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ДИСКОВ ИЗ ГРАФИТА, МОДИФИЦИРОВАННОГО ОКСИДОМ ХРОМА

Расчет износостойкости дисков из модифицированного оксидом хрома графита проводился по величине удельного износа по результатам испытаний на стендах АО «НИИ МТТ» и после натурных испытаний на флоте.

Расчет удельного износа дисков в мкм/мин с учетом суммарного времени испытания выполнялся по следующей формуле:

$$I_{1\text{уд}} = \frac{I_{\text{max}}}{\tau_{\Sigma}}, \quad (3)$$

где I_{max} – максимальный износ диска, мкм ; τ_{Σ} – суммарное время испытания, мин.

Расчет удельного износа дисков в мкм/км с учетом времени испытания на

каждом режиме выполнялся по следующей формуле:

где D – наружный диаметр окружности из-

$$I_{2\text{уд}} = \frac{I_{\text{max}}}{\pi D(n_1\tau_1 + n_2\tau_2 + n_3\tau_3)}, \quad (4)$$

носа диска, равный наружному диаметру золотника; τ_1, τ_2, τ_3 – время работы на каждом режиме, мин; n_1, n_2, n_3 – число оборотов на каждом режиме, об/мин.

Результаты испытаний графита МПГ-7/2С показали следующие закономерности. Содержание оксида хрома в дисках из графита МПГ-7/2С прямо пропорционально начальной пористости графита (рисунок 12). При этом количество пропиток не влияет на процентное содержание оксида хрома, т.к. после 10-12 пропиток привес оксида хрома практически прекращается. Износ дисков из графита МПГ-7/2С с увеличением содержания оксида хрома увеличивается и, как правило, находится в пределах 0,1-1 мм.

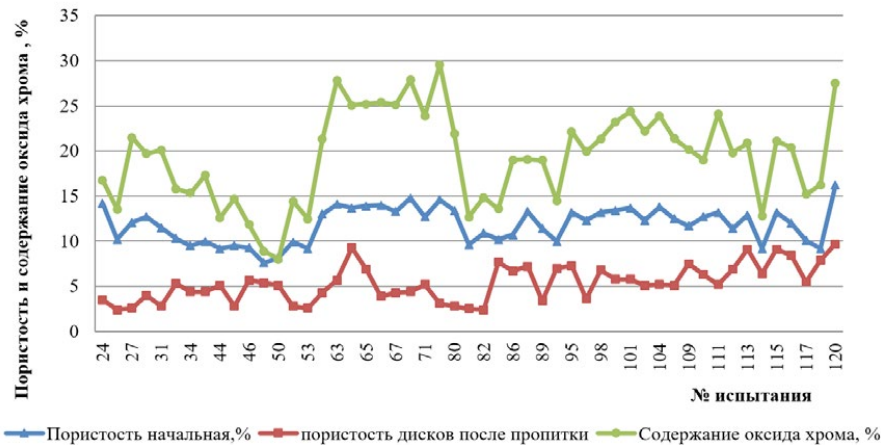


Рисунок 12 – Соотношение пористости до и после пропитки и содержание Cr_2O_3 в дисках из графита МПГ-7/2С, которые прошли стендовые испытания

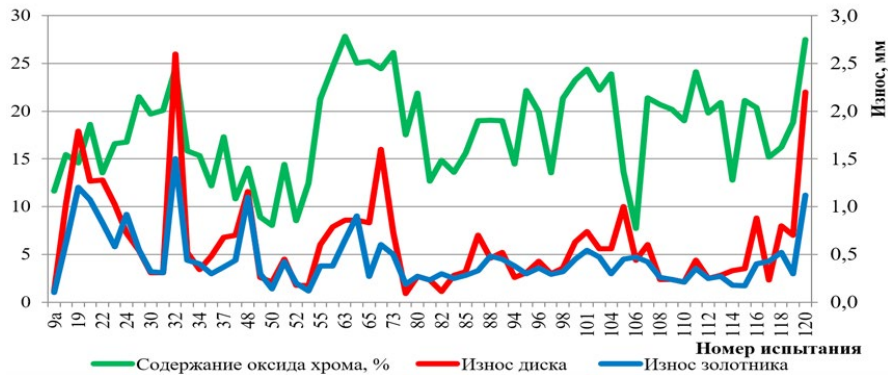


Рисунок 13 – Зависимость износа диска из графита МПГ-7/2С и золотника от содержания оксида хрома в стендовых испытаниях

Зависимость износа золотника повторяет зависимость износа диска (рисунок 13), причем износ графита диска немного больше износа золотника.

Зависимости удельного износа дисков из графита МПГ-7/2С, рассчитанные по формулам (3) и (4), показывают аналогичный результат, а именно: с увеличени-

ем процентного содержания оксида хрома в дисках из МПГ-7/2С удельный износ увеличивается (рисунок 14). Для графита МПГ-8 наблюдается обратная зависимость: с увеличением процентного содержания оксида хрома удельный износ уменьшается (рисунок 15).

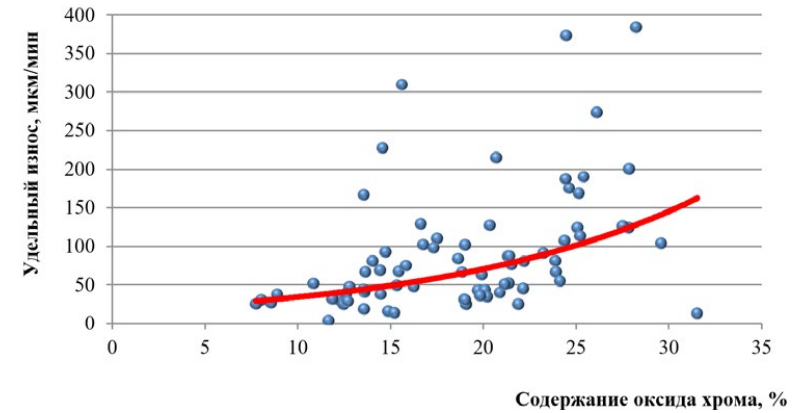


Рисунок 14 – Зависимость удельного износа дисков из графита МПГ-7/2С от содержания оксида хрома в стендовых испытаниях по теме 1, мкм/мин

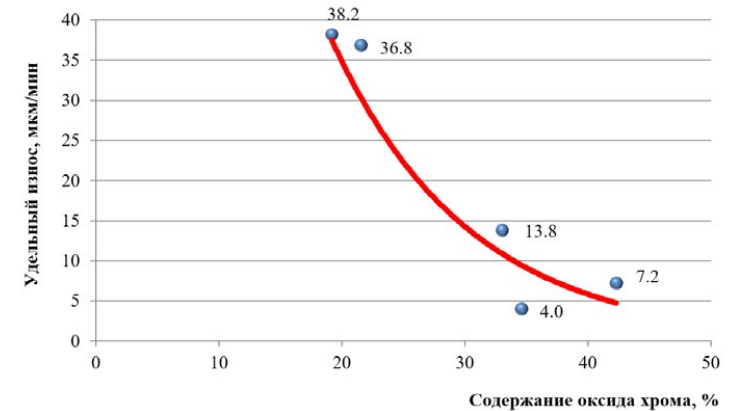


Рисунок 15 – Зависимость удельного износа дисков из графита МПГ-8 от содержания оксида хрома (стендовые испытания по темам 1 и 2 с 2008 по 2017 гг.)

Характеристики износостойкости дисков из разных марок графита, модифицированного оксидом хрома, приведены в таблице 3. Сравнение износа дисков из графита МПГ-7/2С и МПГ-8 показало, что после испытаний дисков из графита МПГ-8 удельный износ не превышает 50 мкм/мин, а для графита МПГ-7/2С достигает 373 мкм/мин. Графит марки МПГ-7/1С, содержащий в структуре не

переведенный в графит углерод, показал большой удельный износ (до 816 мкм/мин). Качественная картина поверхности дисков после испытаний приведена на рисунках 16-19. Введение дополнительной пропитки керосином и введение в поры цезина привело к снижению износа и повышению эрозионной стойкости за счет уменьшения выкрашивания микрочастиц на поверхности трения (рисунки 18, 19).

Таблица 3 – Характеристики износостойкости дисков из разных марок графита, модифицированного оксидом хрома, в испытаниях с 1999 г.

Тема	Марка исходного графита	Количество испытаний с 1999 г.		Износ графита		
		Стендовых	Натурных	Абсолютный, мм	Удельный, мкм/км	Удельный, мкм/мин
1	МПГ-6	1	12	0,1-2,0	457,5	188,4
	МПГ-7	1	-	1,3	451,8	186,0
	МПГ-8	52	1	0,1-0,6	81,9-87,8	36,8-38,2
	МПГ-7/1С	8	2	0,3-1,1	110,7-764,4	45,5-347,7
	МПГ-7/2С	104	196	0,1-2,6	8,7-903,8	3,6-373,2
	МПГ-7/2 С _к	6	2	0,1-0,4	83,5-133,5	34,9-54,8
	МПГ-7/2 С _{ки}	1	-	0,18-0,28	95,1	39,9
2	МПГ-7	1	-	2,6	1142,0	458,5
	МПГ-8	4	2	0,03-0,06	9,1-33,8	4,0-13,8
	МПГ-7/1С	5	-	0,5-0,9	197,8-1970,0	84,8-816,7
	МПГ-7/2С	12	-	0,1-1,53	37,9-361,6	17,2-170,7
3	МПГ-8	29	-	0,1-0,3	19,8-242,0	5,4-63,8
	МПГ-7/1С	12	-	0,38-1,0	96,3-804,9	29,6-265,4
	МПГ-7/2С	51	76	0,02-1,7	30,0-924,1	10,3-243,8
4	МПГ-7/2С	41	33	0,02-0,87	6,62-224,67	2,4-59,3

Примечание: С_к – пропитка оксидом хрома с керосином; С_{ки} – пропитка оксидом хрома с керосином и церезином.

Результаты натурных испытаний по теме 1 после 2016 г. показали, что удельный износ модифицированного графита МПГ-7/2С меньше, чем в стендовых испытаниях (рисунок 20). Максимальный износ графита

МПГ-7/2С составил 1,6 мм (177,8 мкм/мин), а минимальный – 0,23 мм (25,2 мкм/мин). Для графита МПГ-7/1С износ имел промежуточные значения. Износ графита МПГ-6 составил 0,8 мм (106 мкм/мин).



Рисунок 16 – Диск из графита МПГ-6 (21,1% Cr₂O₃, износ 1,30 мм): а – общий вид диска на поверхности трения, б – вид отверстия, в – вид со стороны прилегания к блоку цилиндров, г – эрозия графита со стороны блока цилиндров

Рисунок 17 – Диск из графита МПГ-8 (21,1% Cr₂O₃, износ 0,64 мм): а – общий вид диска на поверхности трения, б – вид отверстия, в – вид со стороны прилегания к блоку цилиндров, г – вид отверстия со стороны блока цилиндров

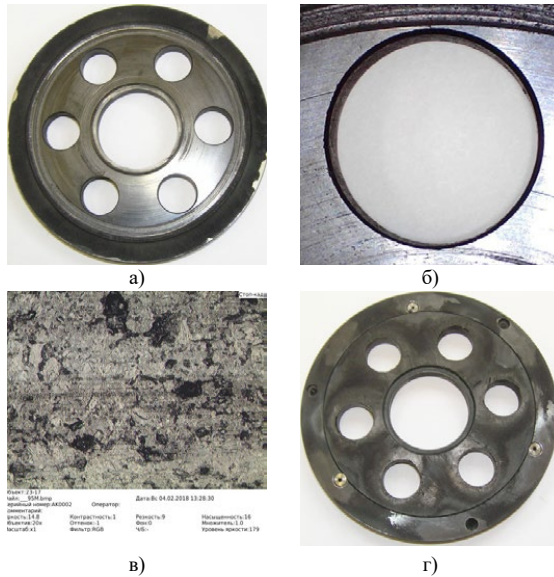


Рисунок 18 – Диск из графита МПК-7/2С (7 пропиток с керосином, 21,1% Cr_2O_3 , износ 0,35 мм): а – общий вид поверхности трения, б – вид впускного отверстия, в – структура поверхности трения, г – вид со стороны прилегания к блоку цилиндров

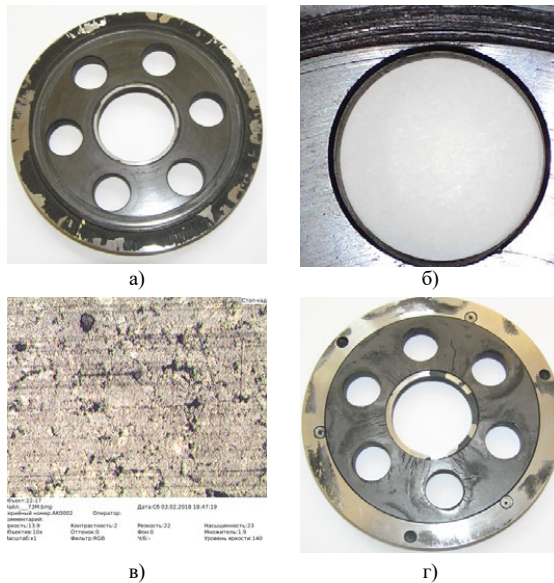


Рисунок 19 – Диск из графита МПК-7/2С (7 пропиток +церезин, 20,9% Cr_2O_3 , износ 0,28 мм): а – общий вид поверхности трения, б – вид впускного отверстия, в – структура поверхности трения, г – вид со стороны прилегания к блоку цилиндров

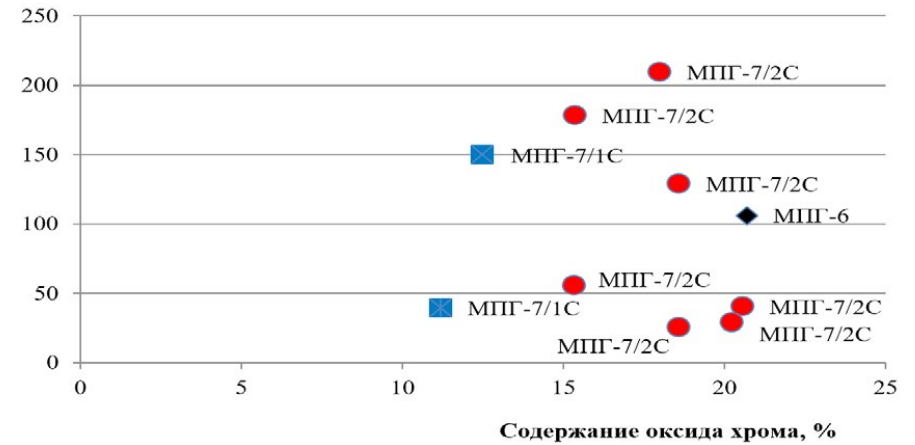


Рисунок 20 – Удельный износ дисков из разных марок графита, модифицированного оксидом хрома, в натурных испытаниях по теме 1

ВЫВОДЫ

1. Выпускаемые промышленностью композиционные материалы на основе графита, такие как АГ-1500СО5, графит МФС, графит с пропиткой эвтектикой сурьма-железо, углеситалл УСБ-15, не обеспечивают работоспособность узла газораспределительного механизма аксиально-поршневого двигателя.

2. Изложенная технология модифицирования графита методом вакуумно-компрессионной пропитки из водного раствора хромового ангидрида позволяет ввести оксид хрома равномерно в объем дисков.

3. В процессе пропитки в структуре графита происходят сложные процессы: формирование микрочастиц оксида хрома по стенкам внутри пор; в пределах отдель-

ных зерен графита образуются прослойки оксида хрома; появляются промежуточные межслоевые соединения с хромом (интеркалированный графит), в результате которых происходит увеличение объема графита и повышение его износостойкости.

4. С увеличением содержания оксида хрома износ дисков из графита МПК-7/2С увеличивается, а из графита МПК-8 – уменьшается.

5. Введение дополнительной пропитки керосином и церезином позволяет уменьшить количество циклов пропитки графита с 12-14 до 8-10.

6. Результаты стендовых и натурных испытаний показали заданную надежность узла ГРМ АПД с диском из модифицированного графита.

1. Антифрикционные углеродные материалы. – М.: Союзуглерод, 1973. ДСП.
2. Пак Е.В., Удалов Ю.П., Шаронов Е.А. Повышение износостойкости конструкционных графитов. // Вопросы материаловедения. – 2008. – №4 (56).
3. Чесноков Н.В., Кузнецов Б.Н., Микова Н.М. Углеродные и композиционные материалы из природных графитов. // Journal of Siberian Federal University. Chemistry 1 (2013 6) 11-22.
4. Тимофеева А.А., Юсин С.И. Синтез и исследование свойств оксида графита. // XX Международная научно-практическая конференция «Современные техника и технологии». Секция 6: Материаловедение. – С. 109, 110.
5. Свойства конструкционных материалов на основе углерода: Справочник./ Под ред. В.П. Соседова. – М.: Металлургия, 1975. – 336 с.
6. Фиалков А.С. Углерод, межслоевые соединения и композиты на его основе. – М.: Аспект-Пресс, 1997. – 718 с.
7. Intercalation Chemistry / ed. by M.S. Whittingham, A.J. Jacobson. – London: Academic Press, 1982. – 567 p.
8. Ebert L.B., Huggins R.A., and Brauman J.I. The nature of the chromium trioxide intercalation in graphite. // Carbon – 1974. – V. 12. – N 2. – P. 199-208.
9. Method for intercalating chromium trioxide(CrO₃)in graphite. // Пат.США № 3835067А, Ventron Corp. 20.02.1973.
10. Hooley J.G. and Reimer M. The chromium trioxide-graphite system. // Carbon – 1975. – V. 13. – N 5. – P. 401-404.
11. Hubert Meyer-Spasche aus Wildeshausen, Reaktionen im system graphit-chrom (VI)-oxid-essingsure. Hamburg, 1978. – 130 p.
12. Баннов А.Г., Тимофеева А.А., Шинкарев В.В., Дюкова К.Д., Ухина А.В., Максимовский Е.А., Юсин С.И. Синтез и исследование свойств оксида графита и терморасширенного графита // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2014. – Т. 50. – № 2. – С. 166-173.
13. Jeong H., Lee Y.P., Jin M.H., Kim E.S., Bae J.J., Lee Y.H. Thermal stability of graphite oxide // Chemical Physics Letters. – 2009. – Т. 1. – № 410. – P. 255-258.
14. Полежаев Ю.В., Юревич Ф.Б. Тепловая защита. / Под ред. А.В. Лыкова. – М.: Энергия, 1976. – 392 с.
15. Корабельников А.В., Куранов А.Л., Рыжиков С.С. Химическая регенерация тепла и преобразования топлива в энергетических установках. [Электронный ресурс] URL: <https://www.chemphys.edu.ru/pdf/2006-10-12-002.pdf>
16. Михайлов А.М. Паровая конверсия углеводородов как метод химической регенерации тепла // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – 3(178), 2013. – С. 95-100.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ НЕОБИТАЕМЫХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ РАЗРАБОТКИ ГНЦ «ГИДРОПРИБОР»

В статье освещается история развития морских роботизированных систем преимущественно военного назначения (необитаемых аппаратов), разработанных НИИ-400 – ЦНИИ «Гидроприбор» – НПО «Уран» – АО «Концерн «МПО – Гидроприбор».

Согласно действующему ГОСТ Р 56960-2016 «Аппараты необитаемые подводные. Классификация» [1], необитаемые подводные аппараты (НПА) могут быть автономными (АНПА) или телеуправляемыми (ТНПА), при этом к телеуправляемым аппаратам также относятся и буксируемые НПА.

Первый ТНПА в современном понимании этого устройства сконструировал изобретатель с мировым именем, океанограф, инженер-исследователь и предприниматель Д.Д. Ребиков. Аппарат, разработанный им в 1953 г. и получивший название «Пудель» (англ. Poodle), предназначался для проведения подводных археологических исследований и представлял собой телеуправляемый НПА [2]. Несмотря на ограниченные возможности, данный НПА дал толчок развитию подобных систем.

В конце 1950-х гг. одной из проблем ВМС США был подъем со дна торпед, теряемых во время проведения учений. Для решения этой проблемы было решено создать ТНПА. Задание на разработку получила компания VARE Industries, которая совместно с военно-морской станцией испытания вооружения разработала управляемый по кабелю подводный исследовательский аппарат (англ. Cable-Controlled Underwater Research Vehicle – CURV). ТНПА «CURV» приобрел известность в 1966 г. во время инцидента у испанской деревни Паломарес. В результате воздушного столкновения бомбардировщика В-52 с самолетом-заправщиком КС-135 были потеряны четыре термоядерные бомбы, одна из которых упала в Средиземное море. С помощью ТНПА

«CURV» бомба была поднята на поверхность с глубины 869 м [3].

Работы по созданию отечественных ТНПА начались в НИИ-400 приблизительно в это же время.

Разработка поисковых систем с использованием гидролокаторов была начата в 1960 г., а в 1973 г. был принят на вооружение комплекс КИУ-1, состоящий из буксируемого гидролокатора бокового обзора «Игла-1» и телеуправляемого аппарата СТИУ-1 с телевизионной системой обнаружения, который наводился оператором на обнаруженную искомую «Игла-1» и обозначенную гидроакустическим маяком мину и уничтожал ее подрывным зарядом. Кроме того, СТИУ-1 мог использоваться как автономный поисковый аппарат при поиске любых подводных объектов. Комплексами КИУ-1 вооружались морские тральщики пр. 266М и базовые тральщики пр. 1265. Главным конструктором КИУ-1 был В.С. Попов, затем А.Н. Локтев. Общий вид СТИУ-1 приведен на рисунке 1.

На предприятии также велись работы по задачам, аналогичным тем, которые стояли перед зарубежными специалистами. В начале 1970-х гг. по инициативе главного инженера А.Т. Скоробогатова был разработан ТНПА «Барракуда», который успешно применялся для поиска и подъема авиарийных изделий. Для изготовления части аппарата были использованы два корпуса торпед. Фотография ТНПА приведена на рисунке 2.

¹ В дальнейшем ЦНИИ «Гидроприбор», НПО «Уран», АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор».



Рисунок 1 – ТНПА «СТИУ-1»

В 1972 г. на базе СКБ машиностроительного завода им. К.Е. Ворошилова был организован Уральский филиал ЦНИИ

«Гидроприбор», в который перевели более пятидесяти лучших специалистов [4].

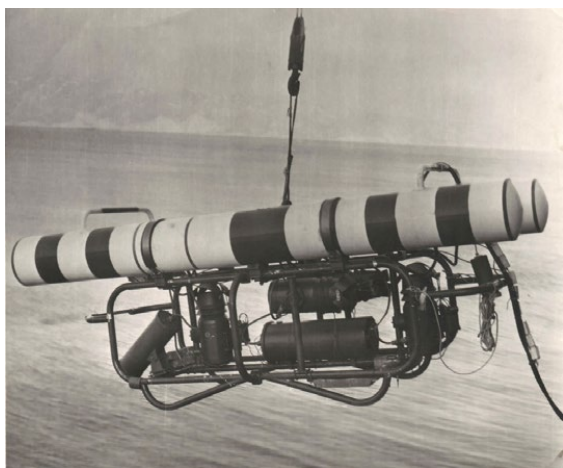


Рисунок 2 – Внешний вид ТНПА «Барракуда»

Уральскому филиалу были переданы для завершения две темы по созданию ТНПА – «Катран-1» и «Катран-2», предназначенных для обследования затонувших подводных лодок и выполнения подготовительных работ по спасению их экипажей. Аппараты были успешно разработаны и со-

стояли на вооружении ВМФ. За разработку и освоение изделия «Катран-2» главный конструктор – директор Уральского филиала Б.А. Сгибнев был награжден орденом Трудового Красного Знамени [4]. Внешний вид аппаратов показан на рисунке 3.

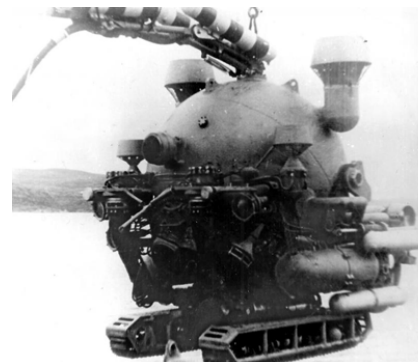


Рисунок 3 – ТНПА «Катран-2»

До 1991 г. Уральский филиал при активной поддержке головного института разработал более 10 образцов НПА, в том

числе ТНПА «ОМАР» и «МЕДУЗА», показанные на рисунке 4.



Рисунок 4 – ТНПА «ОМАР» и «МЕДУЗА»

1980-е гг. ознаменовались интенсификацией работ по морской робототехнике.

В 1985 г. на предприятии начались работы по созданию телеуправляемого аппарата «Рапан», главным конструктором которого сначала был назначен А.Г. Финкельштейн, а впоследствии А. И. Кабанов. В рамках работы была выпущена опытная партия из четырех аппаратов для эксплуатации на флотах. Один из произведенных аппаратов активно применялся в разноплановых работах по поиску, обследованию и подъему находящихся под водой объектов [5]. Общий вид аппарата «Рапан» приведен на рисунке 5.

В 1984 г. Управление поисковых и аварийно-спасательных работ ВМФ заказало НПО «Уран» разработку обследовательского телеуправляемого подводного аппарата «Палтус-6». Он был предназначен для обнаружения, обследования, осмотра телевизионной аппаратурой с видеозаписью изображений и подъема затонувших или находящихся на грунте объектов на глубинах до 6000 м. Главным конструктором был назначен Б.А. Мельников. Однако в 1988 г. на этапе рабочего проектирования из-за отсутствия финансирования работы по теме были прекращены. Общий вид разработанного ТНПА приведен на рисунке 6.



Рисунок 5 – ТНПА «Рапан»

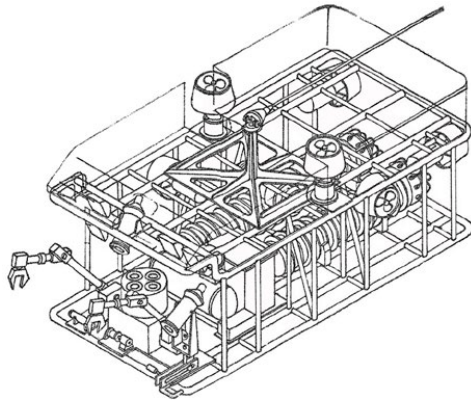


Рисунок 6 – ТНПА «Палтус-6»

3 октября 1986 г. на подводной лодке К-219 в одной из шахт произошел взрыв баллистической ракеты. Через три дня лодка затонула в Атлантическом океане на глубине 5500 метров. Минсудпром объявил конкурс на разработку технического предложения на поисково-обследовательский аппарат, предназначенный для работы на таких глубинах. НПО «Уран» выиграл конкурс на разработку НПА, который получил название «Уран-1». Главным конструктором аппарата был назначен А.А. Котлов.

В 1988-1989 гг. «Уран-1» проходил испытания на Тихоокеанском флоте. За

два сезона аппарат был доведен до работоспособного состояния, была достигнута глубина 5600 м. Но ситуация резко изменилась, и военные потеряли интерес к аппарату. Конец аппарата был печален. Летом 1991 г. он был отправлен в Севастополь и размещен на принадлежащем ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова научно-исследовательском судне «Академик Алексей Крылов». Наступил август 1991 г., Украина отделилась, а судно не успело вовремя перейти в Туапсе и стало со всем имуществом собственностью Украины. Попытки вернуть аппарат не имели успеха.

Параллельно с работами по теме «Уран-1» была начата разработка аппарата «Трепанг-6». Работа проводилась по заказу Управления поисковых и аварийно-спасательных работ ВМФ. При постановке и выборке аппарата, а также в режиме букси-

ровки самоходный модуль аппарата «Трепанг-6» находился в «гарaje» буксируемого модуля, т.е. аппарат представлял собой единую конструкцию. Вид аппарата в процессе обследования объекта представлен на рисунке 7.

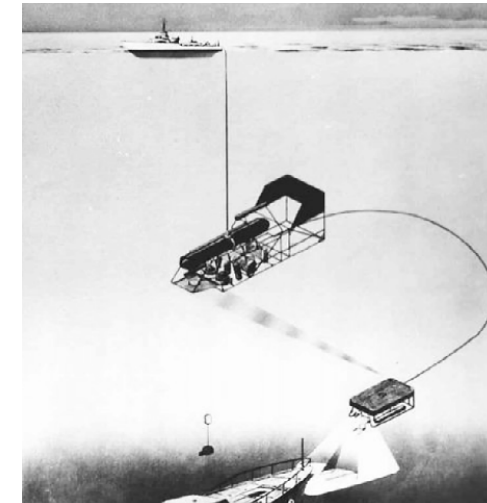


Рисунок 7 – ТНПА «Трепанг-6» и буксируемый модуль

В 1989 г. по заказу нефтяников Азербайджана была начата разработка телеуправляемого комплекса для подводно-технических и инспекционных работ «Дэниз». Комплекс предназначался для технического обслуживания подводных объектов нефтегазопромислов на глубинах до 500 м при состоянии моря до 5 баллов. Главным конструктором был назначен Б.А. Мельников. После разработки технического проекта был успешно завершён этап рабочего проектирования и начался процесс изготовления комплекса. От предприятий-соисполнителей стала поступать изготовленная аппаратура и блоки комплекса, однако в связи с развалом СССР деловые отношения предприятия с азербайджанскими заказчиками были прерваны.

В 1982 г. была принята новая Кон-

венция ООН по морскому праву, которая установила международно-правовой порядок разведки и добычи железомарганцевых конкреций – основного полезного ископаемого, которое было тогда известно в районах Мирового океана. Нашей стране был выделен участок площадью 75 тысяч квадратных километров, находящийся в зоне Клариян-Клиппертон в приэкваториальной части Тихого океана.

НПО «Уран» была поручена разработка буксируемого аппарата «Яшма» и автономного необитаемого аппарата «Янтарь». Главным конструктором направления по разработке аппаратов в интересах морской геологии был назначен В.В. Кияшов, его заместителем М.З. Нисневич, главным конструктором ОКР «Янтарь» – П.П. Петров.

За сравнительно короткий срок был создан опытный образец автономного необитаемого подводного аппарата «Янтарь», успешно прошедший с марта по июнь 1991 г. предварительные морские испытания, в том числе в Средиземном море на

глубинах до 3900 м. Аппарат был передан заказчику – ПГО «Севморгеология», но в связи с событиями 1991 г. дальнейшие работы по теме «Янтарь» были прекращены.

Общий вид аппарата приведен на рисунке 8.



Рисунок 8 – Модель АНПА «Янтарь»

После катастрофы АПЛ «Комсомолец», произошедшей в апреле 1989 г., на 1992 г. была запланирована экспедиция к месту затопления АПЛ с целью ее обследования. К этой работе было привлечено научно-исследовательское судно «Академик Мстислав Келдыш» с глубоководными обитаемыми аппаратами (ГОО) «Мир» [6]. По заказу организатора экспедиции – ЦКБ МТ «Рубин» в 1990-1991 гг. был разработан и

изготовлен телеуправляемый аппарат «Скаут», который был установлен на одном из аппаратов «Мир». Важнейшим требованием к аппарату «Скаут» было ограничение по габариту и массе: он должен был проходить в люк АПЛ диаметром 590 мм и обеспечивать размещение на ГОО «Мир». Главными конструкторами ТНПА были Ю.Л. Рыклин и Я.А. Флексер. Общий вид аппарата приведен на рисунке 9.



Рисунок 9 – ТНПА «Скаут»

В период с 1998 по 2014 гг. на предприятии проводились работы по созданию ТНПА «Лецман». Главным конструктором темы являлся В.А. Кутузов, впоследствии его сменил М.З. Нисневич. В рамках рабо-

ты был изготовлен опытный образец изделия. В период с 2005 по 2014 гг. был проведен большой объем натурной отработки и испытаний. Общий вид аппарата показан на рисунке 10.



Рисунок 10 – ТНПА «Лецман»

В середине 1990-х–2000-х гг. также предпринимались попытки реализовать разработки предприятия в гражданской сфере.

Один из разработанных в это время в Концерне ТНПА приведен на рисунке 11.



Рисунок 11 – ТНПА «ТПА-200»

Открытие федеральной целевой программы (ФЦП) «Развитие оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации на 2011–2015 гг.» дало толчок

очередному витку развития робототехники в Концерне. В рамках ФЦП были разработаны два образца НПА – телеуправляемый «Улей» и автономный «Мониторинг-ТБП».

Телеуправляемый НПА «Улей» предназначен для поиска и идентификации подводных объектов, находящихся на грунте или в толще воды с телеуправлением по волоконно-оптической линии связи. Главный конструктор изделия – В.А. Солдатенков. В рамках выполнения ОКР были изготовлены



Рисунок 12 – ТНПА «Улей»

Интенсивное освоение морских нефтегазовых месторождений России требует совершенствования существующих и создания новых средств диагностики нефтегазовых трубопроводов на предмет их целостности и экологической безопасности эксплуатации. Средства измерения, которые позволяют выявить критические изменения в трубопроводах, должны разме-

опытный образец изделия и составные части комплекса для его обслуживания и применения, проведены успешные натурные испытания на полигоне Концерна в Ладожском озере. Общий вид опытного образца изделия представлен на рисунке 12.

щаться на автономных необитаемых подводных аппаратах.

Для решения данной технической проблемы под руководством Д.М. Агеева была выполнена ОКР «Разработка автоматизированного комплекса средств контроля состояния морских трубопроводов большой протяженности». Общий вид разработанного аппарата показан на рисунке 13.

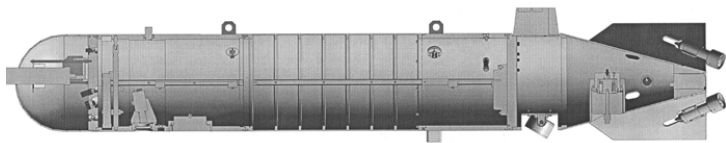


Рисунок 13 – АНПА «Мониторинг – ТБП»

ВЫВОДЫ

Концерн имеет богатую историю разработки образцов морских робототехнических комплексов разного назначения, в том числе предназначенных для работы в самых экстремальных условиях.

Научно-технический задел, получен-

ный в ходе выполнения работ по созданию телеуправляемых, буксируемых и автономных НПА, должен и будет применяться при последующих разработках робототехнических комплексов. Надеемся, что таких разработок будет много и они будут успешными.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 56960-2016 «Аппараты необитаемые подводные. Классификация».
2. Christ, Robert D. ROV Manual / Robert D. Christ, Robert L. Wernli Sr. – Oxford, Elsevier, 2007. ISBN 978-0-7506-8148-3.
3. Moran, B. The Day They Lost The H-bomb – and How They Got It Back / B. Moran // Invention and technology, Volume 20, Issue 2, 2004.
4. Гуль, В.И. От Уральского филиала ЦНИИ «Гидроприбор» до АО «НИИ «Гидроприбор» / В.И. Гуль // ЦНИИ «Гидроприбор» и его люди за 60 лет. Том II. – СПб.: СПБНИ РАН «Нестор-История», 2005. – С. 316-321.
5. Кабанов, А.И. Зав. № 03-86. Путь бойца / А.И. Кабанов // ЦНИИ «Гидроприбор» и его люди за 60 лет. Том III. – СПб.: Изд-во «Нестор-История», 2008. – С. 50-56.
6. Флексер, Я.А. Вдогонку за катастрофами / Я.А. Флексер // ЦНИИ «Гидроприбор» и его люди за 60 лет. – СПб: ИЦ «Гуманитарная академия», 2003. – С. 401-405.

ОБ ОПТИМАЛЬНОМ РАСПОЛОЖЕНИИ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ МАЯКОВ

В статье рассматривается вопрос взаимных помех от гидроакустических маяков, работающих импульсными сигналами. Показано, что при учёте затухания звука в водной среде оказывается возможным подобрать оптимальное расположение маяков, при котором во всех точках обслуживаемой акватории будет поддерживаться устойчивая связь как минимум одного маяка с подводным аппаратом.

Для связи с подводными аппаратами (ПА) и обеспечения их навигации широко применяются гидроакустические маяки [1, 2]. Нередки случаи, когда для покрытия всей области действия ПА требуется установка нескольких маяков. Так, из-за требований к скорости передачи информации по гидроакустическому каналу нередко приходится выбирать достаточно высокие частоты несущих, что ограничивает дальность связи с каким-либо отдельно взятым маяком до единиц километров [3]. Также для обеспечения заданной точности навигации в области действия ПА необходимо размещение нескольких маяков [1]. Если передача сигналов в направлении от всех маяков к ПА производится по одному частотному каналу (такой подход часто реализуется для упрощения приёмного тракта ПА), то возможны перекрёстные помехи от маяков, в зоне действия которых в данный момент времени находится ПА. В результате это-

го часть сигналов от маяков к ПА будут не приняты или приняты с ошибками.

Возможны разные способы борьбы с перекрёстными помехами от гидроакустических маяков. Во-первых, путём соответствующего расположения маяков и подбора момента излучения посылок исключается их временное перекрытие в точке приёма. Это возможно, когда сигналы, используемые для гидроакустической связи, имеют вид коротких посылок, разделённых достаточно длительными (по сравнению с их продолжительностью) паузами. Во-вторых, за счёт выбора соответствующих диаграмм направленности антенны левого и правого бортов ПА производят приём сигналов от различных маяков (рисунок 1) таким образом, что зоны неуверенного приёма из-за перекрёстных помех оказываются разнесёнными в пространстве, и по крайней мере по одному из бортов обеспечивается уверенная связь с маяками.

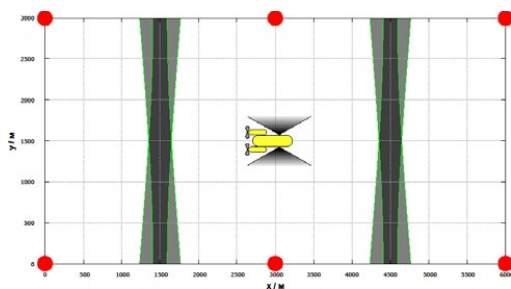


Рисунок 1 – Зоны перекрёстных помех при типовой расстановке маяков.

У ПА показаны диаграммы направленности антенн правого и левого бортов, кружками обозначены позиции маяков

Попробуем теперь выяснить, что представляет собой зона взаимных помех от двух маяков в рамках следующих предположений.

1. Маяки работают в режиме ответчиков, т.е. немедленно переизлучают принятый от ПА запрос. Для случая маяков, работающих по программе («пингеров»), рассуждения и полученные результаты будут во многом аналогичны.

2. Помехой считается перекрытие любых двух посылок, принятых от различных маяков без учёта их амплитуд; затуханием сигнала при распространении в воде на этом этапе пренебрегаем.

3. В виду относительно небольших расстояний (в пределах единиц километров) между маяками и ПА траектория распространения звука считается прямолинейной, отражения от дна и поверхности в расчёт не берутся.

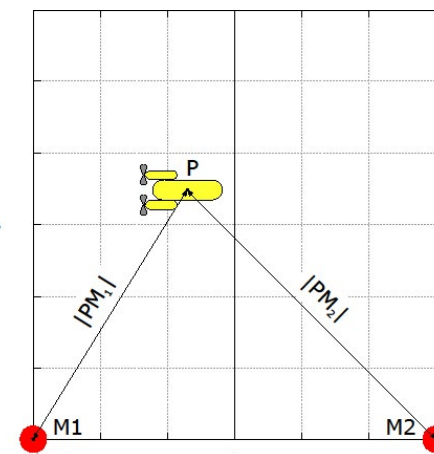


Рисунок 2 – Пояснение к выбору системы координат при определении времени прохождения сигнала от маяков к ПА

Рассмотрим двумерную задачу, соответствующую случаю, когда оба маяка и ПА находятся на одной глубине. Пусть начало координат лежит на середине прямой, проходящей через позиции маяков; эта же прямая соответствует оси x, а перпендикулярная ей прямая – оси y. Расстояние между маяками обозначим $2d$, т.е. координаты первого маяка (обозначенного точкой M_1) будут $(-d, 0)$, а второго (M_2) – $(d, 0)$. Подводный аппарат находится в произвольной точке P (рисунок 2). Расстояния от маяков до ПА обозначим как $|PM_1|$ и $|PM_2|$. Разность времени прихода сигналов, переизлучённых маяками, определяется выражением:

$$\delta t = 2 \frac{||PM_1| - |PM_2||}{c}$$

где c – скорость звука. Расстояние берётся удвоенным, так как звуковой сигнал проделывает путь дважды, от ПА до маяка и обратно. Условие

$$nT - \tau < \delta t < nT + \tau$$

задаёт область, где посылки от двух маяков перекрываются, т.е. создают взаимные помехи.

Здесь T – период излучения посылок, τ – длительность посылки, n – целочисленный порядковый множитель (0, 1, ...). Объединяя выражения (1) и (2), получаем следующее условие границ областей, где возможны перекрёстные помехи:

$$||PM_1| - |PM_2|| = \frac{c(n\tau \pm \tau)}{2}$$

Из выражения (3) следует, что области перекрёстных помех ограничены семейством гипербол. На рисунке 3 эти области закрашены серым (построение выполнено для следующих условий: расстояние между маяками $2d = 3000$ м, длительность посылки $\tau = 20$ мс, период посылок $T = 0,2$ с; для наглядности масштаб по осям x и y выбран различным: по оси x показана небольшая область, расположенная посередине между маяками). Из рисунка следует, что области помех имеют вид часто расположенных узких полос. В реальных условиях при нали-

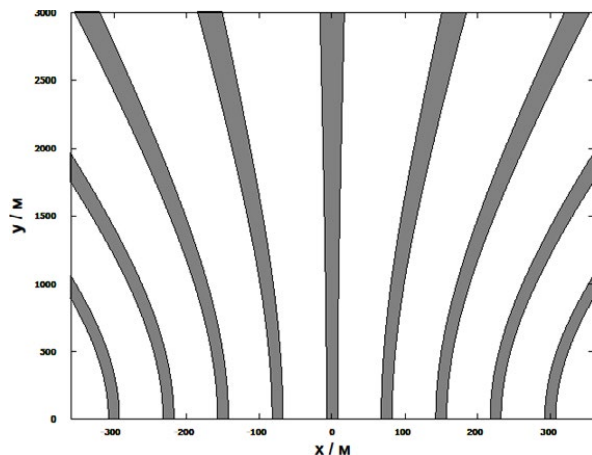


Рисунок 3 – Зоны перекрёстных помех, возникающих из-за наложения сигналов

Рассмотренная выше задача решена без учёта соотношения амплитуд сигналов. В то же время из-за затухания ультразвука в воде имеется сильная зависимость амплитуды сигнала в точке приёма от расстояния между аппаратом и маяком. Попробуем

оценить, как влияет соотношение амплитуд перекрывающихся посылок на структуру зон неуверенного приёма. Будем считать, что для передачи информации используются гармонические колебания с двоичной фазовой манипуляцией, сигнальное

созвездие которой состоит из двух точек (логическому нулю соответствует сдвиг фазы 0, единице – π рад). Различные варианты дискретной фазовой манипуляции находят применение в том числе и в подводной связи [4, 5]. Как показано в работе [6], двоичная фазовая манипуляция обеспечивает наивысший уровень помехоустойчивости. В нашем случае это означает, что для этого вида модуляции допустимы наибольшие отклонения фазы от неискажённого значения, при котором происходит корректное детектирование сигнала. Предположим, что фазовый дискриминатор приёмника безошибочно детектирует сигнал, если отклонение его фазы от его значения в отсутствие помехи не превосходит $\pm \pi/4$ рад. Отклонение фазы возникает в результате того, что на принимаемый сигнал накладывается помеха от перекрывающегося с ним пакета, фаза которого, вообще говоря, имеет случайное значение:

$$\xi = \sin \omega t + a \sin(\omega t + \varphi)$$

Здесь ξ – смещение частиц колеблющейся среды, первое слагаемое справа от знака равенства соответствует принимаемому полезному сигналу (амплитуда которого условно принимается за единицу), второе – накладывающейся на него помехе. Символом ω обозначается частота сигнала (помеха имеет ту же самую частоту), φ – фаза помехи (произвольная), a – отношение амплитуд сигнала и помехи. Выражение (4) можно преобразовать к виду:

$$\begin{aligned} \xi &= b \sin(\omega t + \psi) \\ \text{где } \psi &= \arctg \frac{a \sin \varphi}{1 + a \cos \varphi}, \\ b &= \sqrt{a^2 + 2a \cos \varphi + 1}. \end{aligned}$$

На рисунке 4 изображены зависимости параметров ψ и b во всём диапазоне изменений значения φ в интервале

от 0 до 2π рад при изменениях параметра a от 0,1 до 0,9. Из графиков видно, что итоговый сдвиг фазы сигнала ψ при наложении на него помехи ограничен по величине; существует такое значение соотношения амплитуд сигнала и помехи a , при котором максимальный сдвиг фазы не превосходит по абсолютной величине значения $\pi/4$ рад, что гарантирует успешный приём сигнала. Определим, какое значение параметра a соответствует максимальному сдвигу фаз, равному $\pi/4$ рад, для чего продифференцируем зависимость $\psi(\varphi)$ и приравняем к нулю производную. Ввиду нечётности функции $\psi(\varphi)$ достаточно искать нуль производной на интервале от 0 до π рад:

$$\psi'(\varphi) = \frac{a(\cos \varphi + a)}{(1 + a \cos \varphi)^2} = 0$$

откуда получаем $\varphi = \arccos(-a)$. Подстановка этого значения в выражения для ψ приводит к значению

$$\psi_{max} = \arctg \frac{a}{1 - a^2}$$

Задавшись значением $\psi_{max} = \pi/4$, находим, что

$$a = 1/\sqrt{2} \sim 0,707$$

т.е. при амплитуде помехи, в $\sqrt{2}$ раз меньшей амплитуды сигнала, при любой её фазе происходит безошибочное детектирование полезного сигнала. Что же касается изменения амплитуды принятого сигнала под воздействием помехи, то при $a = 0,707$ в наихудшем случае возможно падение амплитуды до уровня 0,3 от исходного значения (рисунок 4б), что может быть скомпенсировано действием системы АРУ или ограничителя приёмника.

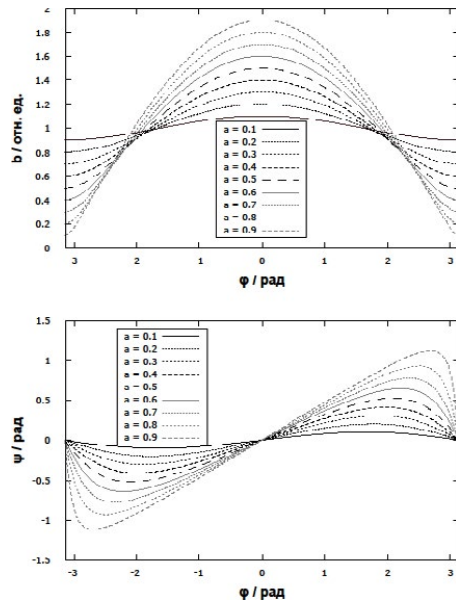


Рисунок 4 – Зависимость амплитуды и фазы при сложении синусоидальных сигналов

Для оценки области пространства, где действуют перекрёстные помехи, воспользуемся широко применяемой эмпирической формулой зависимости интенсивности звуковых колебаний от расстояния между источником и приёмником [7]:

$$J = \text{const} \frac{1}{r^2} 10^{-0,1\beta r}$$

где r – расстояние между источником и приёмником, β – зависящий от частоты фактор затухания (например, для частоты 50 кГц он равен десяти [8]), а стоящая в начале выражения константа учитывает мощность передатчика, чувствительность приёмника, диаграммы направленности антенн и т.п. В случае однотипных маяков, излучающих звук равномерно во все стороны, данная константа будет одной и той же для всех

маяков. Как известно, для гармонического колебания интенсивность пропорциональна второй степени амплитуды колебаний среды, поэтому для получения соотношения амплитуд необходимо взять квадратный корень от соотношения интенсивностей. На рисунке 5 отображено пространственное распределение отношения амплитуд полезного сигнала и помехи для пары маяков, имеющих ту же конфигурацию, что и на рисунке 2 (считаем, что принимается сигнал от более близкого маяка с большей амплитудой, а более дальний маяк создаёт помеху). Границы области, где $a > 0,707$, ограничены кривыми. Видно, что перекрёстные помехи будут присутствовать в сравнительно узкой области шириной не более около 500 метров (при расстоянии между маяками, равном 3000 м).

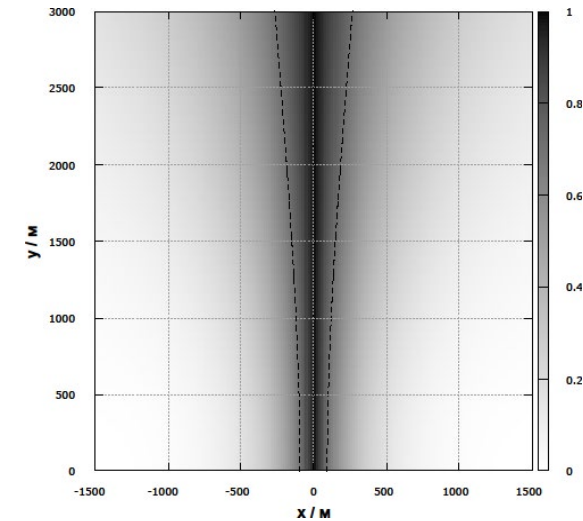


Рисунок 5 – Соотношение амплитуд полезного сигнала и помехи. Контур ограничивает область с $a = 1/\sqrt{2}$

Возвращаясь к типовой расстановке гидроакустических маяков, изображённой на рисунке 1 (друг напротив друга в два параллельных ряда), можно заключить, что в этом случае перекрёстные помехи по правому и левому бортам будут возникать в одном и том же месте (перекрывание затемнённых областей), т.е. в некоторых точках области действия ПА не будет обеспечиваться

устойчивая связь с маяками. В то же время, если один ряд маяков сместить относительно другого примерно на половину расстояния между маяками (точность установки здесь не играет большой роли), то как минимум по одному из бортов не будет наблюдаться перекрёстных помех и устойчивая связь будет обеспечена на всей области действия ПА (рисунок 6).

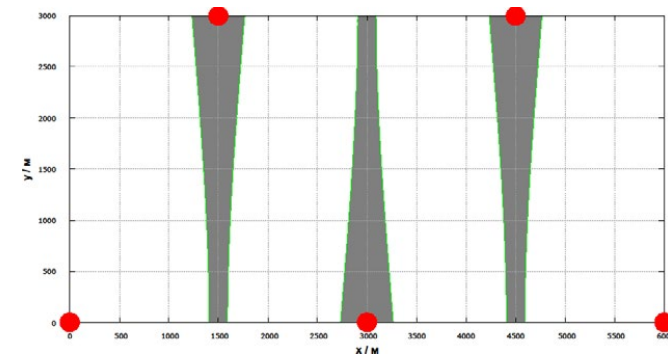


Рисунок 6 – Отсутствие перекрытия зон перекрёстных помех по правому и левому бортам при улучшенной расстановке маяков

Таким образом, от взаимного расположения маяков зависит, будут ли в области действия ПА иметься зоны сплошных перекрестных помех, где связь между маяками и ПА будет нарушена. С помощью такой простой меры,

как правильная расстановка маяков, можно добиться устойчивой гидроакустической связи во всей области действия ПА, не прибегая к усложнению приёмно-передающей аппаратуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бородин В.И., Смирнов Г.Е., Толстякова Н.А., Яковлев Г.В. Гидроакустические навигационные средства. Л.: Судостроение, 1983.
2. Патент США № 9.563.203, 2017.
3. Вершинин А.С. Сравнительный анализ гидроакустических модемов. // Молодой учёный. 2015. № 12. с. 156–161.
4. Каменев С.И. Сигналы с улучшенными характеристиками на основе последовательностей Баркера для применения в акустических системах. // Подводные исследования и робототехника. 2014. № 2(18). с. 63–68.
5. Митько В.Б., Евтюгов А.П., Гушин С.Е. Гидроакустические средства связи и наблюдения. Л.: Судостроение, 1982.
6. Котельников В.А. Теория потенциальной помехоустойчивости. М.-Л.: ГЭИ, 1956.
7. Тюрин А.М., Сташкевич А.П., Таранов Э.С. Основы гидроакустики. Л.: Судостроение, 1966.
8. Простаков А.Л., Стопцов Н.А. Электроника для водолазов и спортсменов-подводников. Л.: Судостроение, 1983.

УДК 534.231

к.т.н. В.Н. БИРЮКОВ, В.Г. КОСТРОМИТИНОВ, А.В. МОЙСА,
М.П. ПЕТРОВ, к.т.н. И.В. ТИМОФЕЕВА

СРЕДСТВА ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ. МЕТОДЫ ГЕНЕРАЦИИ МОЩНОЙ ЗАГРАДИТЕЛЬНОЙ ПОМЕХИ

В статье представлен обзор методов генерации мощной заградительной помехи в диапазоне рабочих частот станций шумопеленгования и гидролокационных станций. Выполнен их сравнительный анализ.

Средства гидроакустического противодействия (ГПД) предназначены для обеспечения боевой устойчивости подводных лодок при противоборстве с силами противолодочной обороны.

Подводная лодка-цель (ПЛ-цель) обнаруживается и наблюдается с помощью гидроакустических систем, таких как:

- корабельные станции шумопеленгования;
- вертолетные станции шумопеленгования;
- корабельные гидролокационные станции;
- вертолетные гидролокационные станции;
- авиационные гидроакустические буи;
- гидролокаторы морского подводного оружия.

При этом пассивные системы наблюдения фиксируют и анализируют первичное поле – шумоизлучение ПЛ-цели, как некоторой виброактивной механической системы, движущейся в водной среде за счет работы энергосиловых установок и движителей. Активные системы наблюдения фиксируют вторичное поле – эхо-сигналы, отраженные от ПЛ-цели.

Для прерывания акустического контакта систем наблюдения с ПЛ-целью эффективно использование средств ГПД в режиме излучения заградительной помехи. Заградительная помеха (ЗП) – это один из

основных видов помех, применяемых средствами гидроакустического противодействия. Она представляет собой широкополосный шумовой сигнал.

ЗП создает сигнально-помеховую обстановку на входе приемных трактов шумопеленгаторов и гидролокаторов, существенно затрудняющую прием и обработку сигналов первичного и вторичного полей ПЛ-цели. В результате приемный тракт либо вообще не может выделить сигналы от ПЛ-цели, либо не может правильно определить их параметры.

Следует отметить, что реализация режимов излучения ЗП требует значительных величин энергетического потенциала.

Цель настоящей работы – выбор метода генерации мощной ЗП в диапазоне рабочих частот станций шумопеленгования и гидролокационных станций.

ЗП в диапазоне частот морского подводного оружия (МПО) (рисунок 1) формируется с помощью электронно-акустической аппаратуры на базе программируемых логических устройств, мощных усилительных каскадов и пьезопреобразователей.

Излучение ЗП в низкочастотном и инфранизкочастотном диапазонах, которые соответствуют рабочим частотам станций шумопеленгования и гидролокационных станций (рисунок 1), является сложной задачей при разработке средств ГПД.

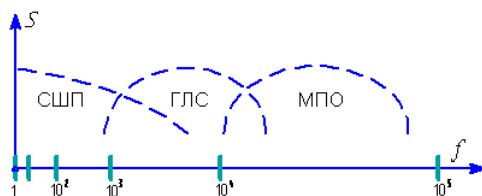


Рисунок 1 – Рабочие диапазоны частот:
СШП – станция шумопеленгования; ГЛС – гидролокационная станция;
МПО – морское подводное оружие

Низкие частоты (и соответствующие им большие длины волн) подразумевают большие габариты излучателей. А это входит в противоречие с требованиями мобильности, малогабаритности и так далее.

Излучатели ЗП в низкочастотном (НЧ) и инфранизкочастотном (ИНЧ) диапазонах частот можно условно поделить на два класса (рисунок 2):

- излучатели непрерывного сигнала,
- излучатели импульсных сигналов.



Рисунок 2 – Классификация излучателей ЗП в НЧ и ИНЧ диапазонах

Традиционные **излучатели непрерывного сигнала** – это:

- электродинамические излучатели,
- пьезоэлектрические излучатели,
- гидравлические излучатели,
- электромагнитные излучатели,
- магнитострикционные излучатели [1].

Всем излучателям этой группы свойственны ограниченная ширина спектра излучаемого сигнала, обусловленная резонансом их механико-акустических систем, а также относительно невысокий уровень излучения.

Помимо излучателей непрерывного сигнала, известны излучатели существенно другого класса. Это **излучатели импульсных сигналов**. Остановимся на них подробнее.

Энергия волны импульсных источников распределена в широкой полосе частот, составляющей несколько октав. Широкополосность излучения, большая мгновенная мощность, относительно высокая эффективность излучения делает их достаточно перспективными для решения задач, поставленных перед средствами ГПД [2].

К излучателям, работа которых основана на взрывоподобных физических процессах, относятся следующие:

- пневматические и паровые излучатели;
- газовзрывные излучатели;
- излучатели с использованием жидкого унитарного топлива;
- электроразрядные излучатели;
- излучатели на основе взрывчатых веществ.

Пневматические и паровые излучатели в настоящее время обращают на себя внимание как экологически безвредные, обладающие высокой технологичностью и удовлетворительными эксплуатационными характеристиками. Тем не менее требования, предъявляемые к автономным средствам ГПД, ограничивают использование пневматических излучателей. Это связано как с низкими характеристиками сжатого воздуха, так и с значительными гарантированными остатками сжатого воздуха [1, 2].

Возможность использования таких излучателей для автономных средств ГПД осложняется требованиями первичной энергии для производства сухого пара, устройства и энергии для очистки и опреснения воды.

Газовзрывные излучатели – это излучатели, в которых используется взрыв газовой смеси горючего и окислителя. Они делятся на:

- камерно-поршневые излучатели, в которых взрывная камера заполняется взрывной смесью с последующим поджогом, что приводит к детонации, подъему давления во взрывной камере, ударному смещению поршня и излучению импульсной волны;
- газовзрывные излучатели беспоршневого типа, в которых используется преобразование химической энергии топлива в акустическую энергию за счет подрыва непосредственно в жидкости пузыря взрывчатой газовой смеси или топливно-кислородного аэрозоля.

К недостаткам излучателей данного типа можно отнести проблему ориентации колпака, сложность организации подрыва, использование ограниченного числа газобразных топлив.

Излучатели с использованием энергии унитарного топлива имеют широкие перспективы использования в качестве первичной энергии для средств ГПД. Основными преимуществами являются высокая удельная энергоемкость жидкого унитарного топлива и широкое их применение в ракетно-космической технике и ВМФ.

Одним из возможных способов использования унитарного топлива является создание гидроакустических сигналов на базе ракетной двигательной установки, работающей в водной среде в импульсном режиме [2]. Использование именно этой базы является предпочтительным, так как в результате развития ракетной техники двигательные установки, использующие химические топлива, достигли низких удельных масс конструкции.

Электроразрядные излучатели в настоящее время являются достаточно перспективными.

Электрический разряд в жидкости является процессом с огромной концентрацией энергии. В результате быстрого выделения электроэнергии в жидкости в канале разряда возникает огромное давление и высокая температура. Это явление многие называют электрогидравлическим разрядом.

Значительное внимание уделяется повышению эффективности электроразрядных излучателей, особенно в низкочастотной области, за счет использования электрохимического взрыва без существенного увеличения их массогабаритных характеристик [2]. Такие взрывы реализуются за счет введения в область плазменного канала веществ и составов, способных к экзотермическим превращениям режима взрывного горения. При этом к электрической энергии, выделяющейся в разрядном канале, добавляется энергия химических превращений, что увеличивает общую энергию, выделяющуюся в плазменном канале.

Излучатели на основе взрывчатых веществ (ВВ) имеют ряд преимуществ, к которым относится прежде всего их мобильность, поскольку для их применения не требуются соединительные кабели и заряд может быть сброшен и взорван на любой глубине.

При взрыве заряда создается значительный реверберационный фон, который при эхопеленговании маскирует полезный сигнал.

При всех перечисленных достоинствах у этого излучателя есть один, но существенный недостаток – изделие, содержащее ВВ, является пожаро- и взрывоопасным.

Каждый из вышеперечисленных способов имеет свои достоинства и недостатки, но в аппаратуре ГПД на сегодняшний день нашли свое применение три из них:

- электродинамический излучатель;
- электроразрядный излучатель;
- излучатель на основе взрывчатых веществ.

Первый и третий способы реализованы в мобильных средствах ГПД (самодном калибра 533 [3] и дрейфующем ка-

либра 400 [4], соответственно), а второй в буксируемом [5].

Сравним эти три изделия по эффективности.

Электродинамический излучатель создает сигнал с характеристиками, управляемыми в процессе работы (рисунок 3). Сигнал можно излучать с различными амплитудами, длительностями и частотами. Кроме того, он может излучаться как целиком во всей полосе, так и попеременно в более узких полосах. Его амплитудно-частотная характеристика может быть настроена так, чтобы имитировать первичное поле ПЛ-цели (рисунок 4).

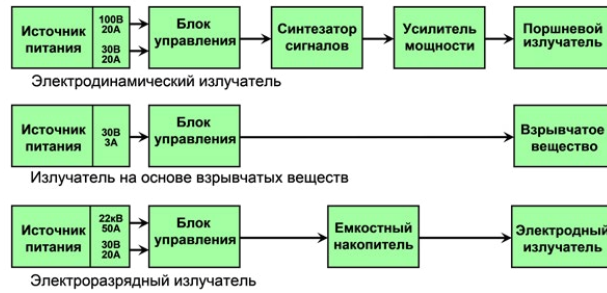


Рисунок 3 – Блок-схемы излучателей ЗП

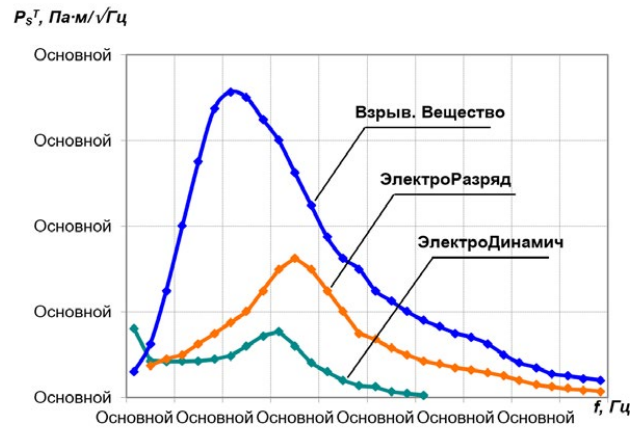
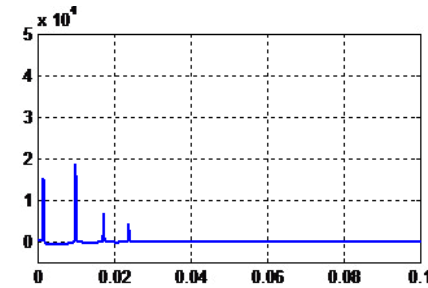


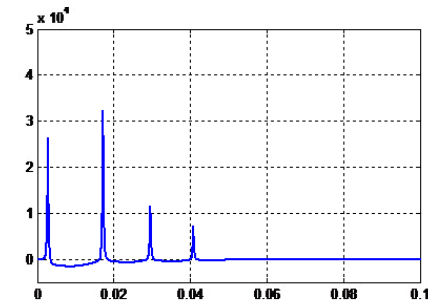
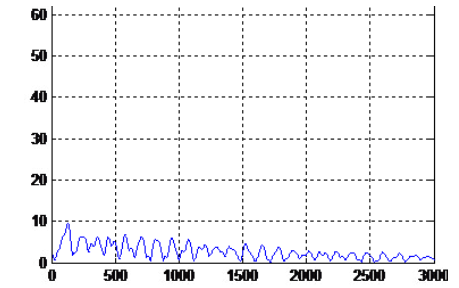
Рисунок 4 – Амплитудно-частотные характеристики излучателей ЗП

По сравнению с электродинамическим электроразрядный излучатель, являясь импульсным источником, позволяет

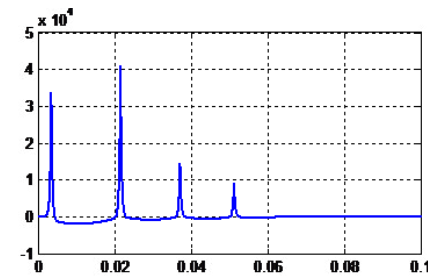
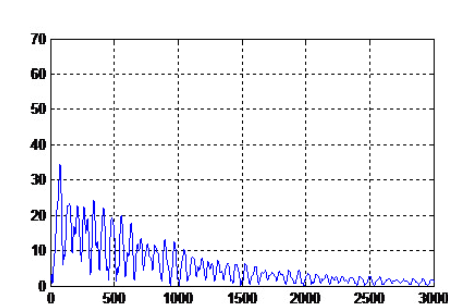
развивать большие единичные мощности (рисунок 5).



а) E = 100 Дж, H = 50 м



б) E = 500 Дж, H = 50 м



в) E = 1000 Дж, H = 50 м

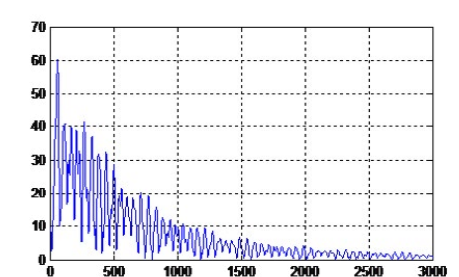


Рисунок 5 - Сигнал, рассчитанный для разных величин энергии, выделяемой при разряде, на глубине 50 м, на расстоянии 1 м

Преимущества электроразрядного излучателя перед взрывным источником:

- пожаро- и взрывобезопасность;
- возможность оперативного управления мощностью и спектральными характе-

ристиками излучаемых сигналов.

Аппараты с электрическим разрядом в жидкости могут быть двух типов: с непосредственным воздействием и с воздействием через мембрану.

В момент электрических разрядов в жидкости образуются плазменные каверны, которые растут, достигают максимального размера и схлопываются. Процесс сопровождается возбуждением в жидкости акустических колебаний широкого спектра частот и амплитуд.

Электроразрядный излучатель образует серию упругих импульсов. Их характер зависит от многих факторов:

- напряжения на конденсаторе в начале разряда;
- емкости конденсатора;
- величины межэлектродного промежутка;
- проводимости жидкости;
- индуктивности разрядной цепи и др.

Интенсивность звука и характер воз-

$$P(t) = \begin{cases} P_1 \cdot e^{-\frac{t}{Q_0}} + P_2 \cdot e^{-\frac{t-T_1}{Q_1}} + A_1 \cdot t \cdot (t-T_1); & t_0 \leq t \leq t_0 + T_1 \\ P_2 \cdot e^{-\frac{(t-T_1)}{Q_1}} + P_3 \cdot e^{-\frac{t-T_2}{Q_2}} + A_2 \cdot (t-T_1) \cdot (t-T_2); & t_0 + T_1 < t \leq t_0 + T_2 \\ P_3 \cdot e^{-\frac{(t-T_2)}{Q_2}} + P_4 \cdot e^{-\frac{t-T_3}{Q_3}} + A_3 \cdot (t-T_2) \cdot (t-T_3); & t_0 + T_2 < t \leq t_0 + T_3 \\ P_4 \cdot e^{-\frac{(t-T_3)}{Q_3}} + A_4 \cdot (t-T_3) \cdot (t-T_4); & t_0 + T_3 < t \leq t_0 + T_4 \end{cases}$$

где $T_1 = 1,14 \cdot \rho^{0,5} \frac{6 \cdot (k \cdot E)^{1/3}}{\chi \cdot P_\infty^{5/6}}$ – период первой пульсации; $P_\infty = (0,1 \cdot H + 1) \cdot 10^5$ – гидростатическое давление воды; $T_2 = 1,86 \cdot T_1$ – период второй пульсации; $T_3 = 2,64 \cdot T_1$ – период третьей пульсации; $T_4 = 3,34 \cdot T_1$ – период четвертой пульсации; $Q_0 = 4,5 \cdot 10^4 \cdot E^{0,5}$ – постоянная времени первой пульсации, с; $Q_1 = 0,97 \cdot Q_0$ – постоянная времени для второй пульсации, с; $Q_2 = 0,93 \cdot Q_0$ – постоянная времени для третьей пульсации; $Q_3 = 0,91 \cdot Q_0$ – постоянная времени для четвертой пульсации;

$$P_{1,2} = \sqrt{\frac{0,03 \cdot E \cdot \rho \cdot c}{4\pi \cdot r^2 \cdot \tau \cdot \left(\frac{2}{3} + \frac{\tau}{T_1}\right)}} - \text{параметр}$$

давления пульсаций; $P_1 = 0,898 \cdot P_{1,2}$ – максимальное давление первой пульсации; $P_2 = 1,102 \cdot P_{1,2}$ – максимальное давление второй пульсации; $P_3 = 0,39 \cdot P_{1,2}$ –

действия регулируют изменением параметров электрических импульсов, а также изменением расстояния между электродами. Электрический разряд в жидкости характеризуется следующими основными величинами:

- выделяемой при разряде энергии;
- изменением мгновенной мощности во времени;
- длительностью разряда в его лидерной стадии.

Аналитическое выражение изменения давления подводным электроразрядным излучателем может быть записано как сумма составляющих от пульсаций газового пузыря с учетом зависимостей, приведенных в [6, 7, 8]:

максимальное давление третьей пульсации; $P_4 = 0,246 \cdot P_{1,2}$ – максимальное давление четвертой пульсации; $A_1 = P_1 \frac{\tau}{T_1}$ – амплитудный параметр

первой пульсации; $A_2 = 0,9 \cdot A_1$ – амплитудный параметр второй пульсации; $A_3 = 0,8 \cdot A_1$ – амплитудный параметр третьей пульсации; $A_4 = 0,7 \cdot A_1$ – амплитудный параметр четвертой пульсации.

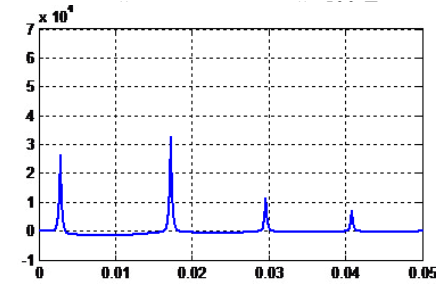
Спектральную плотность давления сигнала можно представить в виде:

$$P(f) = \int_0^\infty P(t) \cdot e^{-i2\pi ft} dt \quad (2)$$

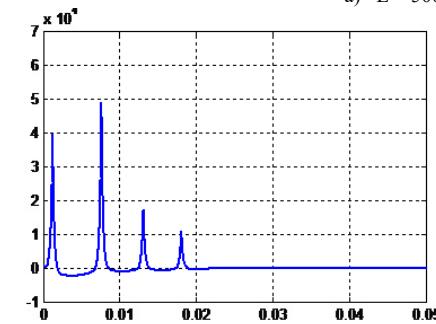
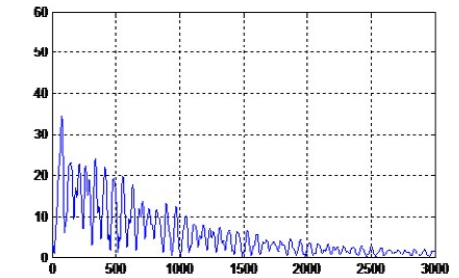
На рисунках 5, 6, 7 приведены временные и спектральные реализации давления сигнала, создаваемого электроразрядным излучателем. На

рисунке 5 – сигнал, рассчитанный по приведенным выше формулам с использованием системы MatLAB для разных величин энергии, выделяемой при разряде, на глубине 50 м, на расстоянии 1 м. На рисунке 6 – сигнал, рассчитанный для разных глубин разряда при

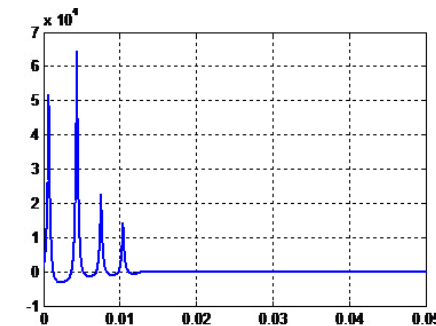
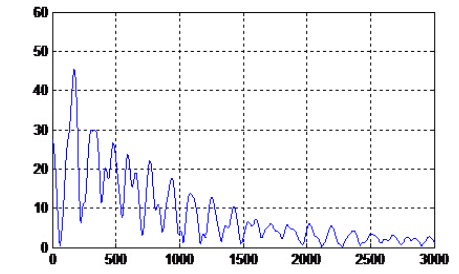
выделяемой энергии, равной 500 Дж, на расстоянии 1 м. На рисунке 7 – спектральная реализация давления сигнала, представляющая собой результат эксперимента на глубине 30 м, расстоянии 11 км [8].



а) E = 500 Дж, H = 50 м



б) E = 500 Дж, H = 150 м



в) E = 500 Дж, H = 300 м

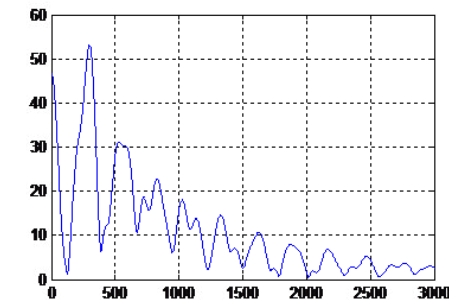


Рисунок 6 – Сигнал, рассчитанный для разных глубин разряда при выделяемой энергии, равной 500 Дж, на расстоянии 1 м

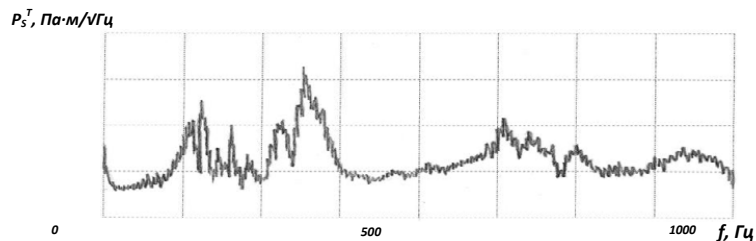


Рисунок 7 – Спектральная реализация давления сигнала, представляющая собой результат эксперимента на глубине 30 м, расстоянии 11 км, при выделяемой энергии 2000 Дж

Анализ представленных сигналов показывает, что с увеличением величины энергии, выделяемой при разряде, сигнал начинает растягиваться во временной области (увеличиваются периоды пульсаций), вырастая при этом по амплитуде. В то же время в частотной области сигнал сжимается (стягивается) к низким частотам.

Увеличение глубины электроразряда приводит к обратному эффекту – сжатию сигнала во временной области и растягиванию в частотной.

Варьируя теми параметрами, от которых зависит характер сигнала, и используя при этом несколько излучателей с разными параметрами, можно добиться заданной формы излучаемого (синтезируемого) сигнала.

Буксируемое средство ГПД, разработанное в 1980-е годы [5], создавало с помощью электроразрядного излучателя сигнал с характеристиками, близкими к сигналу реальной ПЛ, но имело существенные габариты.

С развитием новой базы конденса-

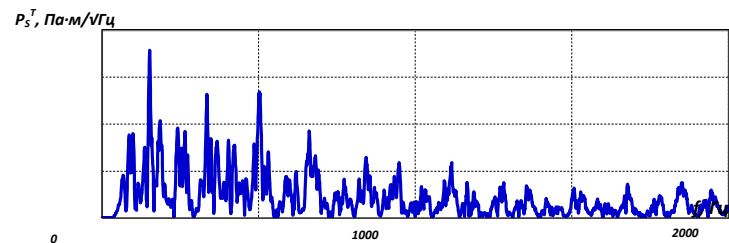


Рисунок 8 – Спектральная реализация давления сигнала, представляющая собой результат эксперимента на глубине 70 м, расстоянии 3 км, массе ВВ 25 г

торных накопителей и повышением энергоёмкости аккумуляторных батарей комплексы для создания электрогидравлического разряда становятся меньше по габаритам и лучше по энергетическим показателям.

Так, например, сейсмоакустический профилограф GEOSOURCE 200 LW, имея приблизительно такие же электроакустические характеристики, как вышеуказанное средство ГПД, представлено в габаритах на порядок меньше [9].

Излучатель на основе взрывчатых веществ не управляется в процессе работы, но зато имеет спектральную плотность давления, значительно превышающую плотность давления, создаваемую электродинамическим и электроразрядным излучателями (рисунок 4). Излучатель на основе взрывчатых веществ прост в исполнении, компактен, мобилен (рисунок 3). Спектр сигнала, создаваемого излучателем на основе взрывчатых веществ, не только выше по уровню, но и ближе к спектру заграждаемой ПЛ по форме без специальных настроек (рисунок 8).

Мощность излучения и время работы этого излучателя определяются в основном массой взрывчатого вещества. Его можно выполнить в виде малогабаритного устройства с небольшим временем работы

или уровнем излучения. А можно выполнить, например, в габаритах электродинамического излучателя и получить высокие уровни излучения при длительной работе (рисунок 9).



Рисунок 9 – Основные параметры излучателей заградительной помехи

Каковы пути усовершенствования излучателей на основе взрывчатых веществ?

Если обратиться к эмпирической модели сигнала, создаваемого взрывным источником звука (ВИЗ), то можно отметить следующее: уровень сигнала зависит

от массы ВВ нелинейно (в степени 0,33) [6, 10, 11, 12]. Зависимость от массы ВВ давления ударной волны и максимального значения спектральной плотности представлены на графиках (рисунки 10-15).

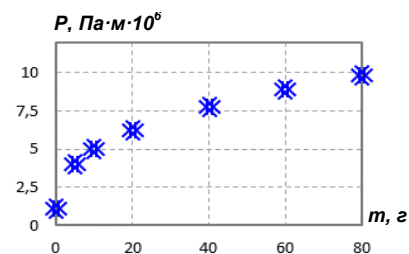


Рисунок 10 – Зависимость давления ударной волны от массы ВВ

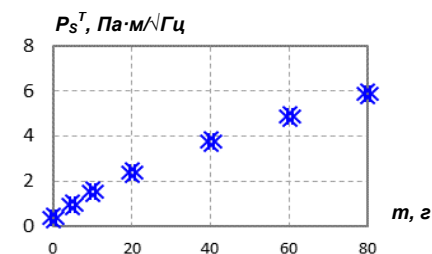


Рисунок 11 – Зависимость максимального значения спектральной плотности давления от массы ВВ

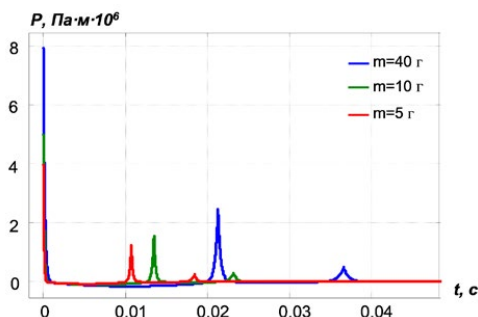


Рисунок 12 – Сигналы излучателя во временной области при разной массе взрывчатого вещества

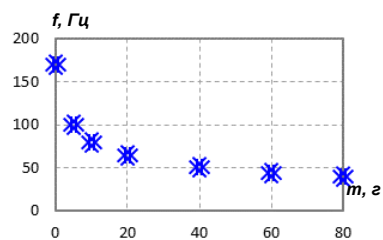


Рисунок 13 – Зависимость частоты максимума спектральной плотности давления от массы ВВ

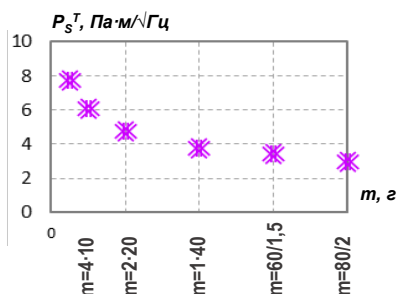


Рисунок 14 – Зависимость максимального значения спектральной плотности давления от массы ВВ при дроблении массы ВВ на части

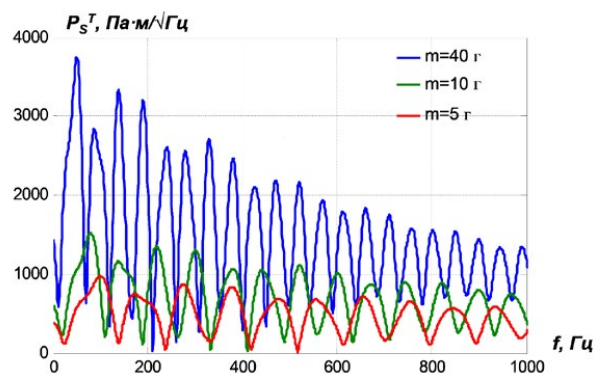


Рисунок 15 – Сигналы излучателя в спектральной области при разной массе взрывчатого вещества

Видно, что с точки зрения уровня спектральной плотности давления акустического сигнала выгоднее использовать несколько небольших ВИЗ вместо одного большого (рисунки 11, 14). Так, например, суммарная спектральная плотность сигналов, создаваемых восемью ВИЗ с массой 5 г каждый (в сумме 40 г), более чем в два раза превышает спектральную плотность

одного ВИЗ с массой в 40 г. Таким образом, чтобы выполнить требования ТЗ в части спектральной плотности давления акустического сигнала, создаваемого ВИЗ, можно использовать не 40 г, подрываемых с периодом 1 с, а 20 г. Но эти 20 г должны быть раздроблены на 8 частей (по 2,5 г каждая), и подрываться все 8 должны в течение 1 с, то есть с периодом 125 мс (рисунок 16).

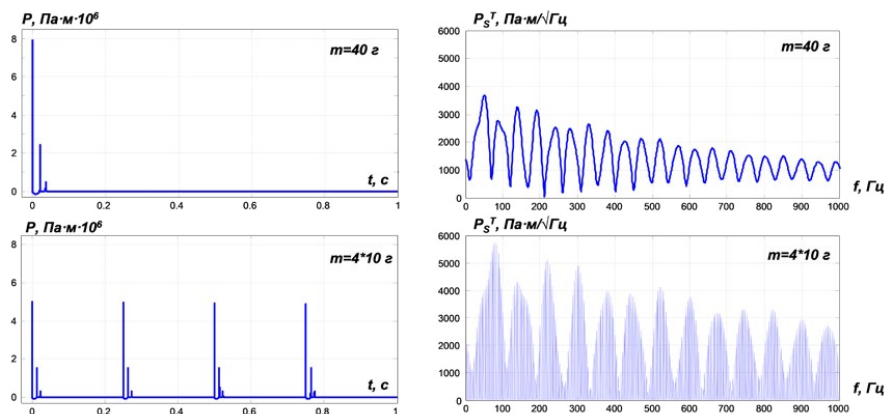


Рисунок 16 – Сигналы излучателя на основе взрывчатых веществ при разной частоте подрыва

Однако с уменьшением массы ВВ спектральная плотность сигнала растягивается в сторону верхних частот, чем создает постепенное снижение характеристик на низких частотах (рисунки 13, 15).

Оптимальной массой ВВ может быть выбрана масса 10 г. Она создаст превышение спектральной плотности на 62% (по сравнению с массой 40 г). При этом частота максимума спектральной плотности составит всего 80 Гц.

Увеличение частоты подрыва, сопровождающееся уменьшением массы, имеет еще одно преимущество – уменьшение воздействия фронта ударной волны на соседние ВИЗ и на изделие, что приводит к уменьшению минимально необходимого расстояния между ВИЗ и от ВИЗ до изделия.

Еще одним элементом, требующим усовершенствования, является так называемый «замедлитель» взрыва химического (пиротехнического) типа. Он используется в ВИЗ для отсрочки поджига ВВ на время, которого хватает для отлета ВИЗ на безопасное расстояние от изделия. Электрохимический процесс горения зависит от многих факторов, поэтому время поджига имеет большой разброс.

Можно заменить «замедлитель» на электрические проводники с длиной, соответствующей безопасному расстоянию от изделия (рисунок 17).

В качестве примера была проведена проработка компоновки излучателя ЗП на основе ВВ в калибре 127 мм (рисунок 18).

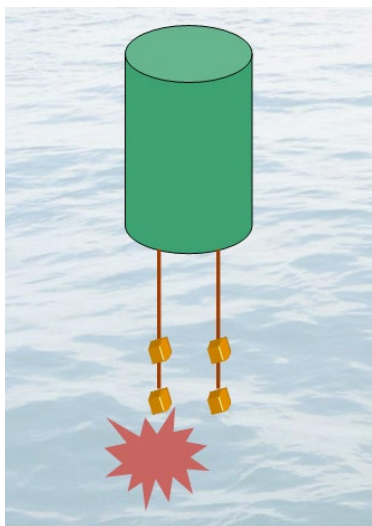


Рисунок 17 – Макет излучателя на основе взрывчатых веществ с электрическими проводниками

Этот калибр позволяет выстреливать подводное оружие, в том числе средства гидроакустического противодействия, из установки для выстреливания имитационных и сигнальных патронов (ВИПС).

При длине изделия 800 мм излучатель может создавать ЗП с уровнем гидроакустического давления, соответствующим уровню, создаваемому прибором «Оплот», но с меньшим временем работы – в 1,45 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Римский-Корсаков А.В., Ямщиков В.С., Жулин В.И., Рехтман В.И. Акустические подводные низкочастотные излучатели. – Л.: Судостроение, 1984.
2. Отчет по теме «Мяч-УМ». – 1994.
3. Прибор «Бериллий». Руководство по эксплуатации. – СПб.: «АО «Концерн «МПО – Гидроприбор», 2010.
4. Изделие 3028. Руководство по эксплуатации. – СПб.: «АО «Концерн «МПО – Гидроприбор», 2010.
5. Отчет по теме «Карст». – 1987.
6. Коул Р. Подводные взрывы. – М.: ИЛ, 1950.
7. Наугольных К.А., Рой Н.А. Электрический разряд в воде. – М.: Наука, 1971.
8. Отчет по теме «Карст». – 1989.
9. Сейсмоакустический профилограф GEOSOURCE 200 LW. Брошюра. – ООО «ФЕРТОИНГ» – Geomarinesurveysystems.com.
10. Arons A.B. Underwater explosions shock wave parameters at large distances from the charge // J. Acoust. Soc. Am. – 1954. – V. 26. – P. 343-346.
11. Лаврентьев Э.В., Кузьян О.И. Взрывы в море. Л.: Судостроение, 1977. С. 38, 159.

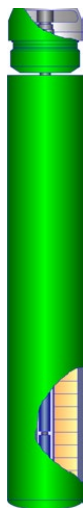


Рисунок 18 – Компоновка излучателя на основе взрывчатых веществ в калибре 127 мм

ВЫВОДЫ

Для генерации мощной ЗП в диапазоне рабочих частот станций шумопеленгования и гидролокационных станций следует использовать:

- излучатель на основе взрывчатых веществ в мобильных автономных ГПД,
- электроразрядный излучатель в буксируемых и стационарных ГПД.

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИТИЕВЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МОЩНЫХ БАТАРЕЙ ОДНОРАЗОВОГО ДЕЙСТВИЯ С ДЛИТЕЛЬНЫМ СРОКОМ ХРАНЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

При проектировании изделий, режим эксплуатации которых включает длительный срок нахождения в «спящем» режиме и применение в определенный момент по назначению (например, минное оружие), особые требования предъявляются к системе энергообеспечения. Составной частью данной системы является батарея одноразового действия (БОД) с длительным сроком хранения, задача которой состоит в запуске по команде основной энергосиловой установки изделия. Поэтому главными требованиями для данной БОД являются низкий саморазряд и высокая мощность.

В настоящий момент при проектировании БОД подобного назначения практически безальтернативно используются никель-кадмиевые аккумуляторы серии НКМ производства АО «НИИХИТ» (г. Саратов). Эти аккумуляторы в целом удовлетворяют техническим требованиям, предъявляемым к ним. Однако наличие единственного отечественного поставщика этой продукции заставляет задуматься о поиске альтернативных решений с целью более надежного обеспечения изделий соответствующего типа.

В последнее время широкое распространение получили литиевые источники энергии одноразового действия (элементы), а также перезаряжаемые литий-ионные аккумуляторы. Ниже представлен анализ характеристик литиевых элементов и литий-ионных аккумуляторов с точки зрения

В статье представлены основные характеристики литиевых элементов и литий-ионных аккумуляторов, на основании чего даются рекомендации по возможности использования их для проектирования мощных батарей одноразового действия с длительным сроком хранения. Анализируется возможность замены никель-кадмиевых батарей одноразового действия серии НКМ.

возможности их применения для проектирования БОД с длительным сроком хранения и с требуемой мощностью.

ХАРАКТЕРИСТИКИ НИКЕЛЬ-КАДМИЕВЫХ АККУМУЛЯТОРОВ СЕРИИ НКМ

Рассмотрим характеристики никель-кадмиевых аккумуляторов серии НКМ, выпускаемых АО «НИИХИТ», на примере БОД 24НКМ-20, поставляемой в АО «Концерн «МПО – Гидроприбор». Внешний вид БОД 24НКМ-20 представлен на рисунке 1, а технические характеристики – в таблице 1.

Исходя из официальных данных АО «НИИХИТ» [1], можно сделать следующие выводы:

- температура окружающей среды во всем допустимом интервале практически не влияет на энергетические характеристики БОД 24НКМ-20;
- номинальное напряжение не зависит от срока хранения;
- номинальное напряжение при разряде током 200А снижается до примерно 20В;
- емкость зависит как от срока хранения, так и от разрядного тока (см. таблицу 2).

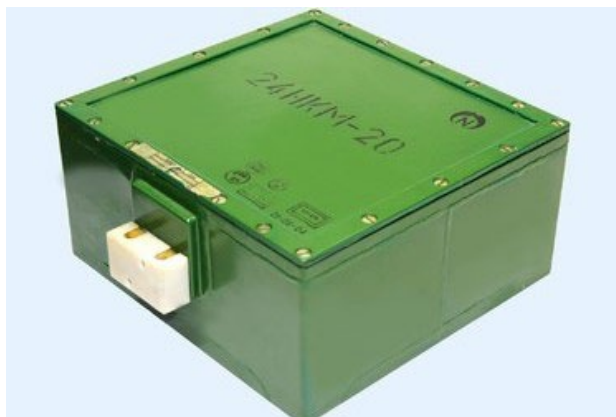


Рисунок 1 – Внешний вид БОД 24НKM-20

Таблица 1 – Характеристики БОД 24НKM-20

Характеристика	Значение
Номинальная емкость, Ач	20
Номинальное напряжение, В	27
Диапазон напряжения, В	18,5 – 30,0
Максимальный ток разряда, А	40
Импульсный ток разряда, А	200
Интервал рабочих температур, °С	-4 – +35
Требуемый срок хранения, лет	12,5
Надежность	0,996
Масса, кг	21
Габаритные размеры, мм	282 (252 без разъема) x 264 x 132

Таблица 2 – Емкость БОД 24НKM-20 в зависимости от срока хранения и тока разряда

Срок хранения	Ток разряда		
	10А	40А	200А
Без хранения	22Ач	21Ач	19Ач
5 лет	20Ач	18,5Ач	17Ач
16,5 лет	17Ач	15Ач	13,5Ач

ОБЗОР ЛИТИЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Во всех литиевых элементах [2, 3] отрицательный электрод изготовлен из лития. Разные типы литиевых элементов различаются материалом положительного электрода и типом электролита. В качестве активного материала положительного электрода используются различные оксиды, сульфиды, селениды, окисульфиды, а также некоторые другие вещества – фторированный углерод, сера.

По характеру электролита можно различать источники тока:

- с жидким электролитом на основе апротонных органических растворителей;
- с жидким апротонным электролитом-окислителем;
- с твердым (полимерным) электролитом;
- с электролитом в виде расплавленных солей;
- с водным электролитом (раствор гидроксида лития).

По конструктивным особенностям различают элементы:

- призматические («баночные»);
- цилиндрические бобинные (набивные);
- цилиндрические рулонные;
- дисковые («монетные»);
- тонкопленочные (фольговые или «бумажные»).

Наконец, по эксплуатационным особенностям различают:

- элементы сильноточковые;
- элементы слаботочковые;
- резервные источники тока.

В таблице 3 перечислены элементы некоторых систем с неводным электролитом, доведенных до стадии промышленного производства. В таблице указаны также значения напряжения разомкнутой цепи (НРЦ) этих элементов и теоретические значения их удельной энергии.

Таблица 3 – Типы литиевых элементов с неводным электролитом

№ п/п	Система	НРЦ, В	Удельная энергия, Втч/кг
1	Литий-тионилхлорид (SOCl_2)	3,66	1477
2	Литий-сульфурилхлорид (SO_2Cl_2)	3,10	1405
3	Литий-диоксид серы (SO_2)	2,91	1098
4	Литий-диоксид марганца (MnO_2)	3,50	1075
5	Литий-фторуглерод (CFx)	2,82	1989
6	Литий-оксид меди (CuO)	2,24	1285
7	Литий-оксифосфат меди [$\text{Cu O}(\text{PO}_4)_2$]	2,80	1299
8	Литий-хромат серебра (Ag CrO_4)	3,31	513
9	Литий-сульфид меди (CuS)	2,12	557
10	Литий-дисульфид железа (FeS_2)	1,75	1273
11	Литий-йод (I_2)	2,77	556
12	Литий-дисульфид молибдена (MoS_2)	2,4	740
13	Литий-дисульфид титана (TiS_2)	2,45	552
14	Литий-оксид ванадия (V_2O_5)	3,50	497
15	Литий-триоксид молибдена (MoO_3)	3,30	614

Мощностные характеристики всех перечисленных систем относительно невелики. Тем не менее они разделяются на высоковольтные элементы, способные разряжаться за несколько часов, и слабовольтные элементы, способные разряжаться за сутки. В высоковольтных элементах используются жидкие окислители, которые одновременно служат и электролитом. В таблице 3 это системы 1, 2 и 3. Из них наиболее популярной является система «литий-тионилхлорид».

В слабовольтных элементах используются катоды из твердых активных веществ и электролиты на основе апротонных растворов. Это остальные системы, упомянутые в таблице 3, за исключением элементов системы «литий-йод», в которых используется твердый неорганический электролит.

В слабовольтных системах в первую очередь выделяются системы с НРЦ, близком к 3В. Наиболее популярными среди них являются элементы систем «литий-диоксид марганца» и «литий-фторуглерод». Элементы этих двух электрохимических систем по своим электрическим, эксплуатационным и экономическим параметрам примерно равноценны. Особую группу слабовольтных «3-вольтных» элементов составляют элементы системы «литий-йод», используемые в основном в медицинской технике (например, в кардиостимуляторах).

Для изготовления литиевых элементов с напряжением около 1,5В наиболее подходящими являются система «литий-оксид меди» и система «литий-сульфид железа». Элементы первого типа получили довольно широкое распространение за рубежом, особенно во Франции. У нас в стране разработка обоих вариантов элементов пока не очень развита. Основное преимущество 1,5-вольтных элементов состоит в их взаимозаменяемости с широко применяемыми щелочными (алкалиновыми) элементами, например ртутно-цинковыми, серебряно-цинковыми и другими.

Одна из главных особенностей конструкции всех без исключения типов литиевых элементов – их абсолютно надежная

герметичность. Даже малейшая разгерметизация литиевого элемента чревата не только вытеканием электролита и его вредным воздействием на питаемую аппаратуру (как в элементах с водными растворами электролитов), но также попаданием воздуха и паров воды в элемент и полным выводом элемента из строя, а также повышением его пожаро- и взрывоопасности. Поэтому технология изготовления литиевых элементов предусматривает высокотехнологичные операции по сварке и другим типам соединения разнородных материалов, сложные конструкции гермовыводов и т.п.

Характерная особенность первичных литиевых элементов – это плоская разрядная кривая. Иными словами, разряд литиевых элементов происходит при практически постоянном напряжении (конечно, зависящем от тока) почти до выработки всей емкости (см. рисунок 2).

Единственной системой, в которой разрядная кривая не является пологой, является система «литий-йод». В данных элементах электролитом служит твердый иодид лития, который является продуктом электрохимической (токообразующей) реакции. Удельное сопротивление такого твердого электролита на несколько порядков больше, чем удельное сопротивление жидких электролитов, используемых в элементах всех других систем. Поэтому элементы системы «литий-йод» рассчитаны только на разряд малыми токами (десятки микроампер). По мере разряда внутреннее сопротивление таких элементов увеличивается и, соответственно, напряжение элементов линейно уменьшается.

Снижение температуры разряда всегда приводит к снижению разрядного напряжения и уменьшению разрядной емкости, причем это уменьшение емкости особенно сказывается при разряде большими токами. В качестве примера на рисунке 3 представлены разрядные кривые элемента МРЛ-3460 системы «литий-диоксид марганца» производства АО «Литий-элемент» (г. Саратов) при различных температурах [4].

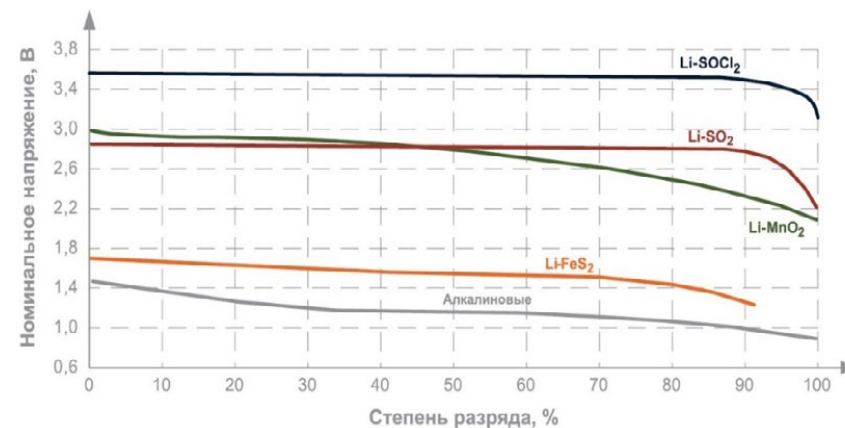


Рисунок 2 – Разрядные кривые некоторых элементов при 100-часовом режиме разряда

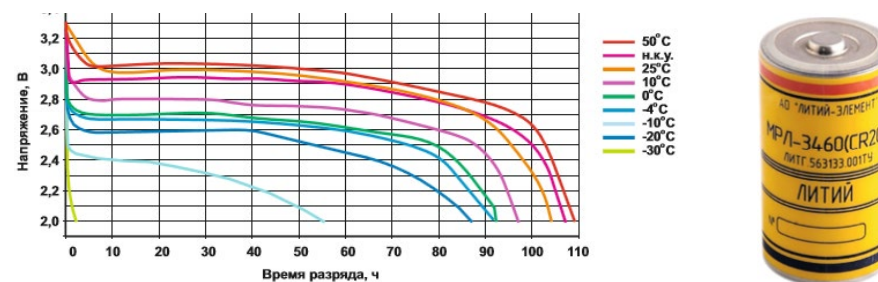


Рисунок 3 – Разрядные кривые элемента МРЛ-3460 при температурах от +50 °C до –30 °C (н.к.у. – нормальные климатические условия)

Все литиевые элементы отличаются малыми токами саморазряда, т.е. имеют хорошую сохраняемость. Наилучшую сохраняемость имеют элементы системы «литий-йод», у которых потеря емкости за счет саморазряда не превышает 10% за 10 лет хранения при температурах до +40 °C. Потеря емкости за счет саморазряда элементов других систем составляет 0,5-3% в год, так что для большинства элементов изготовители гарантируют срок хранения не менее 5 лет, а часто и не менее 15 лет.

В Российской Федерации освоено

производство некоторых типов литиевых элементов. АО «Литий-элемент» выпускает литий-тионилхлоридные элементы серии ER и литий-диоксидмарганцевые элементы серии МРЛ. АО «НПК «АЛЬГЭН» (г. Электроугли Московской области) и ряд других предприятий выпускают литий-фторуглеродные элементы серии ФУЛ. Единственными высоковольтными из перечисленных являются литий-тионилхлоридные элементы, которые теоретически могут рассматриваться в качестве замены никель-кадмиевых аккумуляторов серии НКМ.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ МОЩНОЙ БОД НА ОСНОВЕ ЛИТИЙ- ТИОНИЛХЛОРИДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В первую очередь рассмотрим возможность использования отечественного

Таблица 4 – Характеристики литий-тионилхлоридного элемента ER 34580

Характеристика	Величина
Номинальное напряжение, В	3,6
Конечное напряжение разряда, В	2,0
Номинальная емкость, Ач	14
Номинальный ток разряда, А	0,1
Максимальный ток разряда, А	1,1
Максимальный импульсный ток разряда при н.к.у., А	3,0
Диапазон температур эксплуатации, °С	-30 – +60
Масса, г	104
Габаритные размеры (диаметр x длина), мм	34 x 61,5
Срок гарантии, лет	3

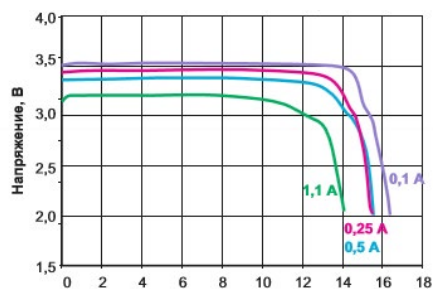


Рисунок 4 – Разрядные кривые элемента ER 34580 в зависимости от тока нагрузки

Исходя из вышеперечисленных данных можно сделать вывод, что для обеспечения импульсного тока 200А потребуются параллельно соединить 67 элементов, а для обеспечения напряжения 27В – последовательно соединить 9 элементов. В результате БОД должна включать 603 элемента, для размещения которых потре-

литий-тионилхлоридного элемента рулонной конструкции ER 34580 производства АО «Литий-Элемент» [5] для проектирования аналога БОД 24НКМ-20.

В таблице 4 представлены характеристики элемента ER 34580, а на рисунке 4-разрядные кривые в зависимости от тока нагрузки.

буется примерно 43 000 000 мм³ объема. Данный объем значительно превышает объем БОД 24НКМ-20, равный примерно 8 700 000 мм³. Таким образом, отечественный литий-тионилхлоридный элемент ER 34580 в принципе не подходит для разработки аналога БОД 24НКМ-20.

Рассмотрим возможность разработки аналога БОД 24НКМ-20 на основе импортных литий-тионилхлоридных элементов, например производства фирмы EEMB, Китай. По эксплуатационным характеристикам литий-тионилхлоридные элементы данной фирмы делятся на высокоэнергети-

ческие (High Energy Type) и высокомошные (High Power Type). Энергетические характеристики для трех стандартных габаритов цилиндрических элементов (AA, C и D) производства фирмы EEMB приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Энергетические характеристики высокоэнергетических / высокомошных «литий-тионилхлоридных» элементов фирмы EEMB

Габарит	Номинальная емкость (мАч)	Стандартный ток разряда (мА)	Максимальный ток разряда (мА)	
			Непрерывный	Импульсный
AA	2 400 / 1 800	2 / 10	100 / 1 000	200 / 2 000
C	9 000 / 6 500	2 / 10	230 / 1 000	400 / 2 000
D	19 000 / 14 000	2 / 10	230 / 2 000	500 / 3 000

Анализ представленных данных показывает, что целесообразно рассмотреть возможность разработки аналога БОД 24НКМ-20 на основе высокомошных литий-тионилхлоридных элементов габарита AA (диаметр 14,5 мм, высота 50,5 мм, вес 22 г). В этом случае, исходя из максимально допустимого импульсного тока для элемента (2А) и номинального напряжения (3,0В), определяем количество элементов питания габарита AA в 900 штук (100 параллельно соединенных высоко-вольтных блоков по 9 последовательно соединённых элементов в каждом).

В результате получаем следующие характеристики батарей:

- номинальная емкость – 180Ач;
- номинальное напряжение – 27В;
- рекомендуемый ток разряда – 1А;
- максимальный ток разряда – 100А;
- импульсный ток разряда – 200А;
- габариты – примерно 10 000 000 мм³;
- вес – примерно 20 кг.

Исходя из этих данных, казалось бы, можно сделать вывод о теоретической возможности изготовления аналога БОД 24НКМ-20 на основе высокомошных литий-тионилхлоридных элементов габарита AA. Однако ввиду режима эксплуатации БОД, включающего период длительного хранения перед ее задействованием, необ-

ходимо учитывать так называемый эффект пассивации.

Эффект пассивации для литий-тионилхлоридных элементов заключается в образовании изолирующей пленки (хлорида лития) на поверхности литиевого анода в процессе производства элемента. Пленка образуется из-за химической реакции, возникающей еще во время сборки элемента. Образовавшаяся пленка прекращает химическую реакцию и резко уменьшает ток саморазряда, в результате чего мы имеем элемент с длительным сроком хранения (до 15-20 лет при нормальных условиях) практически без ухудшения параметров.

Но есть и отрицательная сторона этого процесса. Если к элементу подключить нагрузку, потребляющую достаточно большой ток, то на нагрузке в начальный момент времени окажется пониженное напряжение около 2,3-2,7В (и даже меньше). Это происходит из-за того, что образовавшаяся пленка имеет низкую проводимость и не может разрушиться мгновенно, препятствуя протеканию тока.

Степень пассивации элемента (толщина пленки) зависит от времени и условий его хранения, а также от режима эксплуатации. Чем больше период хранения и выше температура, тем толще пленка. Значительные негативные проявления эффекта

пассивации начинаются после 5-6 месяцев хранения в нормальных условиях, либо при нагрузке значительно ниже стандартной.

Пониженное напряжение на элементе в момент подключения нагрузки, потребляющей большой ток, может нарушить работу нагрузки или же она может не включиться. В связи с этим литий-тионилхлоридные элементы, которые перед использованием хранились полгода и более, необходимо депассивировать, т.е. разрушить изолирующую пленку хлорида лития достаточным продолжительным воздействием тока.

На рисунке 5 представлен график, поясняющий депассивацию литий-тионилхлоридных первичных источников тока.

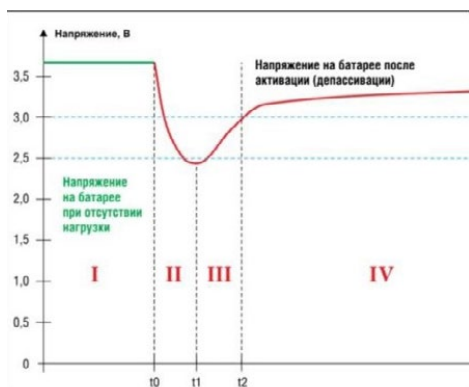


Рисунок 5 – Процесс депассивации литий-тионилхлоридного элемента

Следовательно, перед задействованием БОД, состоящей из литий-тионилхлоридных элементов, необходимо в течение 30-40 минут провести их депассивацию током, подбираемым экспериментальным путем. Поэтому, если в изделии отсутствует вспомогательный источник энергии для проведения процедуры депассивации, разработка аналога БОД 24НКМ-20 на основе высокомоощных литий-тионилхлоридных элементов не представляется возможной.

Необходимо отметить, что имеются литиевые элементы, которые не требуют проведения процедуры депассивации, например системы «литий-диоксид марганца». Однако, как отмечалось выше, эти

На графике имеются четыре области:

I - показывает напряжение на элементе в отсутствии нагрузки (3,6В);

II - при подключении нагрузки в момент времени t_0 возникает импульс тока, который приводит к резкому уменьшению напряжения на элементе;

III - происходит разрушение основной части площади изолирующей пленки, и напряжение возрастает примерно до 3В;

IV - происходит дальнейшее разрушение оставшейся части площади пленки, и напряжение постепенно повышается до номинального значения.

элементы существенно уступают литий-тионилхлоридным элементам по мощностным характеристикам и не могут быть использованы для разработки аналога БОД 24НКМ-20.

ОБЗОР ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Литий-ионные аккумуляторы [2, 6] и аккумуляторные батареи (АБ) на их основе являются источниками энергии многообразного применения. Литий-ионный аккумулятор состоит из электродов (катодного материала на алюминиевой фольге и анодного материала на медной фольге), разделенных

пористым сепаратором, пропитанным электролитом. Пакет электродов помещен в герметичный корпус, катоды и аноды подсоединены к клеммам-токосъемникам или к борнам для аккумуляторов большой емкости. Корпус иногда оснащают предохранительным клапаном, сбрасывающим внутреннее давление при аварийных ситуациях или нарушениях условий эксплуатации.

Переносчиком заряда в литий-ионном аккумуляторе является положительно заряженный ион лития, который способен внедряться (интеркалироваться) в кристаллическую решетку катодного и анодного материалов.

Анодный материал. Первоначально в качестве анодного материала применялся металлический литий, в результате чего аккумуляторы первого поколения были чрезвычайно пожаро- и взрывоопасны. Это объясняется тем, что при использовании анода из металлического лития на нем в процессе многократных циклов заряда/разряда возникали пространственные образования (дендриты), приводящие к прокальванию сепаратора. Как следствие, происходило замыкание электродов, возгорание и взрыв.

Этот недостаток удалось преодолеть заменой материала анода на углерод с получением новой химической формулы LiC_6 , а также применением органического электролита, обеспечивающего в том числе покрытие частиц углерода защитной пленкой.

Нужно отметить, что углерод в качестве анодного материала до сих пор остается наиболее популярным. Однако в последнее время в качестве анодного материала также разработан титанат лития $Li_4Ti_5O_{12}$, имеющий нанокристаллическое строение. Как следствие, данный материал имеет площадь поверхности анода до 100 м²/г по сравнению с 3 м²/г для углерода, что позволяет значительно увеличить скорость заряда и обеспечить высокую плотность тока. Кроме того, этот материал имеет высокую циклическую надежность, выдерживая десятки тысяч циклов заряда/разряда, а также может без потери характеристик работать

при температурах до -30 °С. Применение данного материала также более безопасно с точки зрения эксплуатации, т.к. позволяет использовать менее горючий электролит по сравнению с электролитом, разработанным для углеродного анода.

Недостатком литий-титанатных аккумуляторов является более низкое номинальное напряжение (не выше 2,4В), что приводит к меньшей удельной энергии, чем у литий-ионных аккумуляторов с анодом из графита. Это ограничивает их применение в мобильных устройствах, для которых важны минимальные значения объема и веса. В то же время они могут быть весьма эффективны при использовании в устройствах, для которых удельные энергетические характеристики не столь важны, например в стационарных сетевых накопителях энергии.

Катодный материал. Наиболее ранним катодным материалом, разработанным фирмой Sony для первых литий-ионных аккумуляторов в 1991 году, стал кобальтат лития $LiCoO_2$, успешно применяемый до настоящего времени. Отличительная особенность этого материала – максимально возможные удельные энергетические характеристики при высоком номинальном напряжении 3,6В (здесь и далее характеристики приведены для анода в виде углерода), а также хорошая работа при отрицательных рабочих температурах вплоть до -50 °С. Однако недостатком данного материала является склонность к так называемому термическому разгону, возникающему либо за счет внутренних производственных дефектов (внутренние короткие замыкания), либо при аномальных внешних воздействиях (внешних коротких замыканиях). В процессе термического разгона неисправного или поврежденного аккумулятора происходит не только выделение запасенной электрической энергии, но и ряд химических реакций, выделяющих вещества для поддержания горения, горючие газы от электролита, а также выделяется кислород. Поэтому вспыхнувший аккумулятор способен

гореть без доступа воздуха и очень плохо поддается тушению традиционными средствами. Критическая температура перехода к тепловому разгону – 150 °С.

Следующим по времени разработки катодным материалом стала литий-марганцевая шпинель LiMn_2O_4 , основным достоинством которой является значительно меньшая склонность к тепловому разгону по сравнению с кобальтатом лития (критическая температура – 250 °С). Однако, несмотря на высокое номинальное напряжение, равное 3,7В, удельные энергетические характеристики данного материала примерно на 20% уступают кобальтату лития. Трудноустраимой проблемой литий-марганцевой шпинели является также ее быстрая деградация как при циклировании, так и при хранении. Поэтому срок эксплуатации такого типа литий-ионных аккумуляторов сравнительно невелик, что подтверждается быстрым снижением их характеристик в современных смартфонах, в которых используется преимущественно данный тип аккумуляторов.

Большим научным достижением стала разработка катодного материала на основе смешанных оксидов. Одним из наиболее распространённых вариантов является сочетание оксидов марганца, никеля и кобальта, в частности $\text{Li}(\text{Mn}_{1/3}\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3})\text{O}_2$, обычно именуемый MNC. Данный материал незначительно проигрывает кобальтату лития по удельным энергетическим характеристикам (5-10%) и хуже работает при отрицательных температурах. В то же время варьирование количества оксидов марганца, никеля и кобальта (в некоторых случаях еще добавляется оксид алюминия) позволяет оптимизировать энергетические и мощностные характеристики литий-ионных аккумуляторов. Номинальное напряжение данных аккумуляторов находится в диапазоне 3,6–3,8В. Тепловой разгон наступает при 210 °С. Нужно отметить, что MNC весьма популярен в случае использования в качестве анодного материала титаната лития. В

этом случае номинальное напряжение равно 2,4В.

В 1996 году в США были проведены исследования, в результате которых был разработан новый катодный материал – фосфат лития железа LiFePO_4 . Серьезными преимуществами такого материала являются высокие мощностные характеристики и, учитывая нанокристаллическую структуру материала, повышенная циклируемость (2000-3000 циклов заряда/разряда совместно с углеродом и десятки тысяч циклов совместно с титанатом лития). Однако самым важным преимуществом данного катодного материала является его низкая склонность к тепловому разгону (критическая температура – 270 °С), а также невыделение кислорода при горении. Поэтому аккумуляторы на основе фосфата лития железа легко тушатся стандартными средствами пожаротушения. Недостатками данного катодного материала являются более низкие удельные энергетические характеристики (примерно в 1/5 раза) по сравнению с кобальтатом лития, отсутствие унификации по напряжению с другими типами литий-ионных аккумуляторов (номинальное напряжение – 3,2В), невозможность работы при температурах ниже –20 °С, а также повышенный саморазряд при хранении.

Конструкция литий-ионных аккумуляторов. Литий-ионные аккумуляторы подразделяются конструктивно на два основных вида: рулонные и пластинчатые. В аккумуляторах рулонной конструкции внутри корпуса в скрученном виде находятся один положительный и один отрицательный электрод, разделенные сепаратором. Как правило, корпус является металлическим и выполняется в виде цилиндра, но может быть и плоским, как это делается для сотовых телефонов. Преимуществом аккумуляторов рулонной конструкции являются более высокие удельные энергетические характеристики по сравнению с аккумуляторами пластинчатой конструкции. Аккумуляторы рулонной конструкции часто снабжаются предохранительным клапаном

для стравливания избыточного давления при выходе аккумулятора из строя.

В отличие от аккумуляторов рулонной конструкции, в аккумуляторах пластинчатой конструкции размещается большое количество (как правило, несколько десятков) пластин отрицательных и положительных электродов, проложенных сепаратором и соединенных между собой с по-

мощью токосъемных выводов. В последнее время для такого типа аккумуляторов чаще всего применяется корпус в виде ламинированной полимерной пленки, которая имеет высокую прочность и термическую устойчивость.

Примеры аккумуляторов рулонной и пластинчатой конструкции представлены на рисунках 6 и 7, соответственно.



Рисунок 6 – Литий-ионные аккумуляторы рулонной конструкции

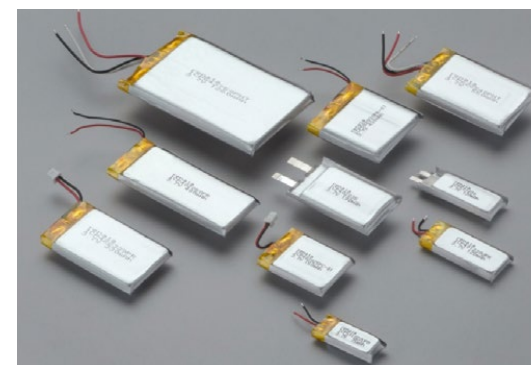


Рисунок 7 – Литий-ионные аккумуляторы пластинчатой конструкции

Единственным унифицированным (и наиболее популярным) литий-ионным аккумулятором является цилиндрический аккумулятор рулонной конструкции «ICR 18650», имеющий диаметр 18 мм и длину

65 мм. Энергетические и эксплуатационные характеристики данного аккумулятора зависят от анодного и катодного материалов, а также от конструкции токовыводов и крышки аккумулятора.

Система контроля и управления.

Ни один литий-ионный аккумулятор не может нормально функционировать [7] без системы контроля и управления (СКУ), или

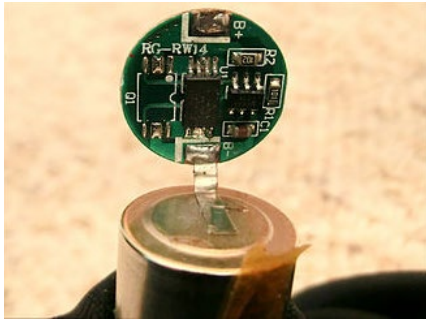


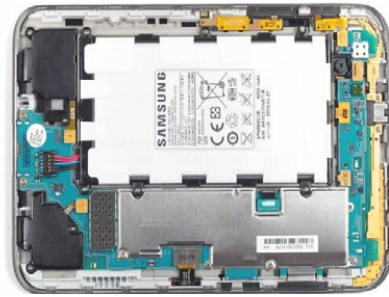
Рисунок 8 – Примеры расположения СКУ

Основные задачи, решаемые СКУ:

- ограничение минимального и максимального напряжения;
- выравнивание напряжения аккумуляторов, находящихся в аккумуляторной батарее;
- контроль температуры и принудительное отключение аккумулятора при пре-

вышении температуры выше установленного значения.

Battery Management System (BMS). СКУ либо встраивается внутрь самого аккумулятора, либо находится вне аккумулятора, например в сотовом телефоне (см. рисунок 8).



вышении температуры выше установленного значения.

Производство. В таблице 6 представлены основные отечественные производители литий-ионных аккумуляторных батарей, поставляющие продукцию в основном по заказам Минобороны и других государственных структур.

Таблица 6 – Производители литий-ионных АБ в Российской Федерации

Производитель	Основная сфера применения
АО «Аккумуляторная компания «Ригель» (Санкт-Петербург)	Обитаемые и необитаемые подводные аппараты
ПАО «Сатурн» (г. Краснодар)	Космические аппараты
АО «Уралэлемент» (г. Верхний Уфалей Челябинской области)	Морское подводное оружие

Лидирующие позиции по объему производства в мире занимают китайские фирмы. Серьезные производители есть также во Франции (SAFT), Германии (GAIAA), США (YARDNEY), Южной Кореи (KOKAM) и Японии (YUASA).

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ МОЩНОЙ БОД НА ОСНОВЕ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

При разработке аналога никель-кадмиевой БОД 24НКМ-20 на основе литий-ионных аккумуляторов необходимо учитывать в первую очередь саморазряд

аккумуляторов. Исходя из представленного выше обзора, целесообразно остановиться на системе «кобальтат лития – углерод». Саморазряд таких аккумуляторов равен примерно 5% в год. Однако известно, что при постепенном разряде батареи саморазряд будет уменьшаться. В связи с этим можем спрогнозировать, что через 12,5 лет аккумулятор разрядится не более чем на 50%.

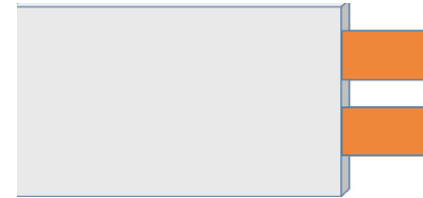


Рисунок 9 – Внешний вид и характеристики литий-ионного аккумулятора ЛИА-17

Учитывая это, за основу при разработке аналога БОД 24НКМ-20 возьмем, например, литий-ионный аккумулятор ЛИА-17 системы «кобальтат лития – углерод» пластинчатой конструкции, серийно выпускаемый АО «АК «Ригель». На рисунке 9 показаны внешний вид и характеристики данного аккумулятора.

Номинальная емкость – 17 Ач;
Номинальное напряжение – 3,6 В;
Максимальный ток разряда – 34 А;
Импульсный ток разряда – 119 А;
Габаритные размеры – 129x166x7,4 мм;
Вес – 360 г.

Отметим, что при конструировании БОД нет необходимости использовать систему контроля и управления, наличие которой могло бы существенно увеличить саморазряд батареи.

Исходя из заданных энергетических

характеристик, для сборки БОД необходимо использовать 32 аккумулятора ЛИА-17 (4 параллельно соединённых цепочки по 8 последовательно соединённых аккумуляторов в каждой). Характеристики БОД представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Характеристики БОД на момент изготовления и через 12,5 лет хранения

Характеристика	Начальная	Через 12,5 лет
Номинальная емкость, Ач	68	34
Максимальный ток разряда, А	136	68
Импульсный ток разряда, А	476	238
Номинальное напряжение, В	28,8	27
Габаритные размеры, мм	252 x 264 x 132	
Вес, кг	17	

При рассмотрении данных, представленных в таблице 7, необходимо учитывать способность литий-ионных аккумуляторов работать под большой нагрузкой даже при значительной глубине разряда. Также отметим некоторое уменьшение номинального напряжения после 12,5 лет хранения, связанное с естественными физическими причинами.

Исходя из этих данных, можно сделать вывод о теоретической возможности разработки аналога мощной никель-кадмиевой БОД 24НКМ-20 с заданными параметрами (см. таблицу 1) на основе литий-ионных аккумуляторов отечественного производства.

ВЫВОДЫ

По результатам представленных выше данных сделаем основные выводы по возможности разработки аналога мощной никель-кадмиевой БОД 24НКМ-20 производства АО «НИИХИТ» (г. Саратов) на основе литиевых источников питания.

1. Из всех типов литиевых элементов наиболее подходящим вариантом являются литий-тионилхлоридные элементы, обладающие максимальными энергетическими и мощностными характеристиками, а также длительным сроком хранения.

2. В России отсутствует производство литий-тионилхлоридных элементов с нужными характеристиками.

3. На основе импортных литий-тионилхлоридных элементов можно разра-

ботать аналог БОД 24НКМ-20, но в изделии должен находиться вспомогательный источник энергии для проведения процедуры депассивации элементов перед их использованием после длительного срока хранения.

4. Отечественные литий-ионные аккумуляторы системы «кобальтат лития – углерод», имеющие низкий саморазряд, могут быть использованы для разработки аналога БОД 24НКМ-20 с длительным сроком хранения.

5. В целом возможность варьирования характеристик литий-ионных аккумуляторов как по энергетическим, так и по эксплуатационным параметрам позволяет оптимизировать их применение в различных изделиях военного, специального и гражданского назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. АО «НИИХИТ». Никель-кадмиевые батареи и изделия. www.niit.ru.
2. Скундин А.М., Брылев О.А. Наноматериалы в современных химических источниках тока. – М.: Издательство МГУ, 2011. – 56 с.
3. Таганова А.А., Бубнов Ю.И., Орлов С.Б. Герметичные химические источники тока: Элементы и аккумуляторы. Оборудование для испытаний и эксплуатации: Справочник. – СПб.: Химиздат, 2005. – 264 с.
4. АО «Литий-Элемент». Литий-диоксидмарганцевые источники тока. www.lithium-element.ru.
5. АО «Литий-Элемент». Литий-тионилхлоридные источники тока. www.lithium-element.ru.
6. Кедринский И.А., Яковлев В.Г. Li-ионные аккумуляторы. – Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ, 2007 – 268 с.
7. Бровка Н., Янченков О. Применение специализированных микропроцессоров для построения схем контроля и защиты литий-ионных и литий-полимерных аккумуляторных батарей // Компоненты и Технологии. – 2007. – № 3. – С. 132-135.

УДК 316.356.2

В.В. ПАТРУШЕВ, д.т.н. А.К. ФИЛИМОНОВ,
А.Б. АКОПЯН, д.т.н. Д. И. КУЗНЕЦОВ

СОВРЕМЕННАЯ СИСТЕМА ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «КОРАБЕЛЬНОЕ ВООРУЖЕНИЕ»

В статье предложена концепция подготовки современных высококвалифицированных кадров для ОПК и ВМФ с учётом интеграции интеллектуального и промышленного потенциала СПбГМТУ и организации ОПК.

Внедрение инновационных технологий в вооружение кораблей привело к созданию многофункциональных комплексных систем управления кораблём, его оружием и вооружением, которые создавались на базе интеграции автоматизированных систем боевого управления и боевых информационно-управляющих систем, средств обнаружения на основе конформных и гибких протяжённых буксируемых антенных устройств для гидроакустических комплексов, радиолокационных станций с фазированными антенными решётками, средств информационного обмена в единой системе управления боевыми действиями на театре военных действий и систем управления оружием.

Одним из эффективных видов корабельного вооружения (КВ) являются комплексы морского подводного оружия (МПО). Очевидно, что в сложившихся в России условиях единственным возможным способом качественного прорыва в создании нового (перспективного) отечественного МПО и корабельного вооружения является научный.

Логика прорыва в создании МПО заключается в создании принципиально новых видов высокоточного МПО и эффективных средств ведения вооружённой борьбы на море путём интеграции МПО и автономных необитаемых и дистанционно-управляемых подводных робототехнических аппаратов и комплексов [1]. Необходимо опережающие научно-обоснованные разработки в установленные сроки с гарантированным достижением запланированных параметров качества новых образцов МПО.

Осуществить прорыв, подняться на качественно новый уровень отечественного технологического развития МПО можно только путём интеграции триады «образование – наука – производство». Необходимо обеспечить российский технологический суверенитет МПО.

Начинаться прорыв должен с подготовки нового поколения инженеров, владеющих современными методами и средствами цифрового проектно-конструкторского и технико-технологического создания МПО, техникой высокопроизводительных вычислений, технологиями новых материалов и морской гибкой электроники, а также информационными технологиями управления жизненным циклом образцов и комплексов МПО.

При этом подготовку нового поколения инженеров необходимо начинать ещё в школе: нужно создавать в школах морские классы инженерно-технологической направленности, подготавливая школьников к поступлению в Санкт-Петербургский государственный морской технический университет (СПбГМТУ) на специальности по направлению «Корабельное вооружение». Необходимо развивать инженерное образование от школы до производства.

В условиях увеличения значения инноваций и быстрой смены господствующих технологий в отрасли оборонных технологий необходимо резкое усиление требований к качеству инженерного образования и создание инновационной и гибкой системы подготовки кадров, которая должна быть трендом развития МПО и КВ и определять методологию научного обоснования стра-

тегии развития МПО.

Современная система подготовки нового поколения кадров, во-первых, должна базироваться на анализе актуальных направлений развития отрасли морского оружия; во-вторых, должна быть интегральной и комплексно развивающейся; в-третьих, в ней должны использоваться технологии инновационного опережающего управляющего воздействия на качество подготовки,

основу которой составляет научно-технический опережающий задел и процессы научного предвидения и прогнозирования.

Сущность управления качеством подготовки кадров можно наглядно проиллюстрировать образовательной спиралью качества (рисунок 1). Спираль качества – это пространственная модель, определяющая основные стадии непрерывного развивающегося качества подготовки кадров.

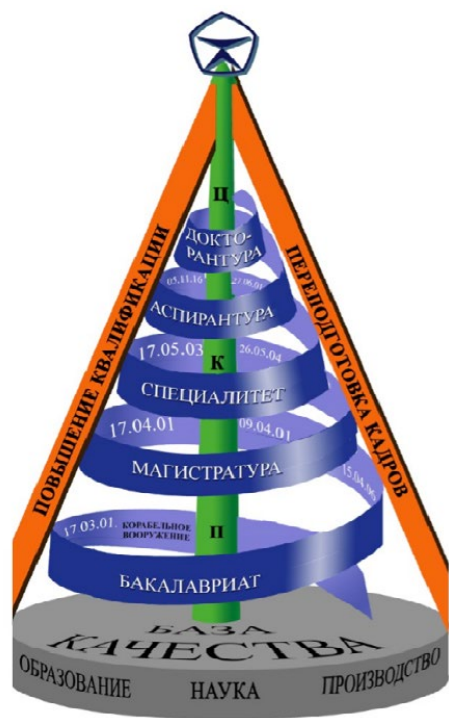


Рисунок 1 – Образовательная спираль качества подготовки кадров по направлению «Корабельное вооружение»

В СПбГМТУ создан современный учебно-научный многоуровневый комплекс по направлению «Корабельное вооружение», включающий 5 профилей бакалавриата. В магистратуре подготовка осуществляется по 4 программам [1-5].

Основой комплекса – ключевой петлей качества, охватывающей весь жизненный цикл подготовки, является специалитет. Под петлей качества понимают замкнутый в виде кольца жизненный цикл подготовки. В настоящее время на факуль-

тете морского приборостроения (ФМП) ведётся подготовка студентов по специальности 26.05.04 «Применение и эксплуатация технических систем надводных кораблей и подводных лодок». С 2018 г. открыта новая специальность 17.05.03 «Проектирование, производство и испытание корабельного вооружения и информационно-управляющих систем», которая включает 6 специализаций:

- № 1 «Корабельные комплексы МПО»;
- № 2 «Корабельные комплексы защиты»;
- № 3 «Информационные комплексы кораблей и подводной робототехники»;
- № 4 «Корабельные пусковые установки и системы управления»;
- № 5 «Подводная робототехника»;
- № 6 «Подводные робототехнические системы противоминной обороны».

В аспирантуре СПбГМТУ обучение ведётся по специальностям 25.11.16 и 27.06.01. На ФМП работает докторский диссертационный совет ДС 212.03.031.01 по научной специальности 05.11.16 «Информационно-измерительные и управляющие системы (отрасль морское оружие)», которая соответствует приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в РФ.

Очевидно, что в современных условиях с учётом сжатых временных рамок задачу подготовки высококвалифицированных кадров для ОПК и ВМФ России, производства современных образцов и проведения комплексной модернизации МПО и КВ невозможно решить с помощью традиционной линейной схемы, принятой в Минобрнауки и ОПК России: обучение специалиста – получение опыта специалистом на производстве – решение специалистом технологических, производственных и конструкторских задач – разработка и модернизация современных технических систем оружия.

Для решения этой задачи необходимо создание эффективной интегрированной системы подготовки кадров по системной

инженерии, которые смогут решать большой круг задач и создавать инновационные технические системы КВ.

Подобный подход уже сейчас реализуется в СПбГМТУ [5-6] при поддержке Совета Безопасности РФ в направлении развития номенклатуры специальностей и повышения качества обучения:

- утверждён ФГОС ВПО по специальности «Проектирование, производство и испытание корабельного вооружения и информационно-управляющих систем» (уровень – специалитет). Приказ Министерства образования и науки РФ от 28 октября 2016 г. № 1344;
- специальности 17.05.03, 26.05.04 и направление подготовки «Корабельное вооружение» переведены в перечень специальностей и направлений подготовки, соответствующих приоритетным направлениям модернизации и технологического развития российской экономики. Постановление Правительства РФ от 16.04.2016 г.;
- с 2015/2016 учебного года направление подготовки 17.03.01 и специальности 17.05.03 и 26.05.04 переведены в самую высокую, третью ценовую группу, что дает университету более чем двукратное увеличение получаемых бюджетных субсидий и отражает стратегическую роль факультета морского приборостроения СПбГМТУ в развитии отечественного МПО и КВ.

Для усовершенствования подготовки нового поколения инженерных кадров для ОПК и ВМФ в СПбГМТУ совместно с ведущей организацией в области разработки морского подводного оружия ГНЦ АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» создан Научно-технологический центр развития морского подводного оружия (НТЦР МПО) [6]. Основанием для создания НТЦР МПО является решение выездного совещания с руководителями и представителями органов государственной власти и организаций под председательством секретаря Совета безопасности РФ Н.П. Патрушева от

30 января 2017 г. по вопросу «О ходе выполнения указаний Президента РФ от 11 апреля 2014 г. № ПР-816, от 30 апреля 2015 г. № ПР 883 о подготовке инженерных кадров для кораблестроительных и судостроительных предприятий России, а также для ВМФ». Указанное решение в части создания НТЦР МПО – это высокое доверие к университету, которое определяет его комплексную миссию координатора (квантора) развития системы подготовки высококвалифицированных кадров для ОПК и ВМФ (рисунок 2).

Инновационная часть НТЦР МПО включает научно-исследовательские лаборатории, базовые кафедры, конструкторское бюро цифрового проектного обучения с лабораторией концептуального цифрового проектирования, прототипирования и макетирования; технологическое бюро с лабораторией механизации, автоматизации и технологической оснастки; современную лабораторно-стендовую и испытательную базу.

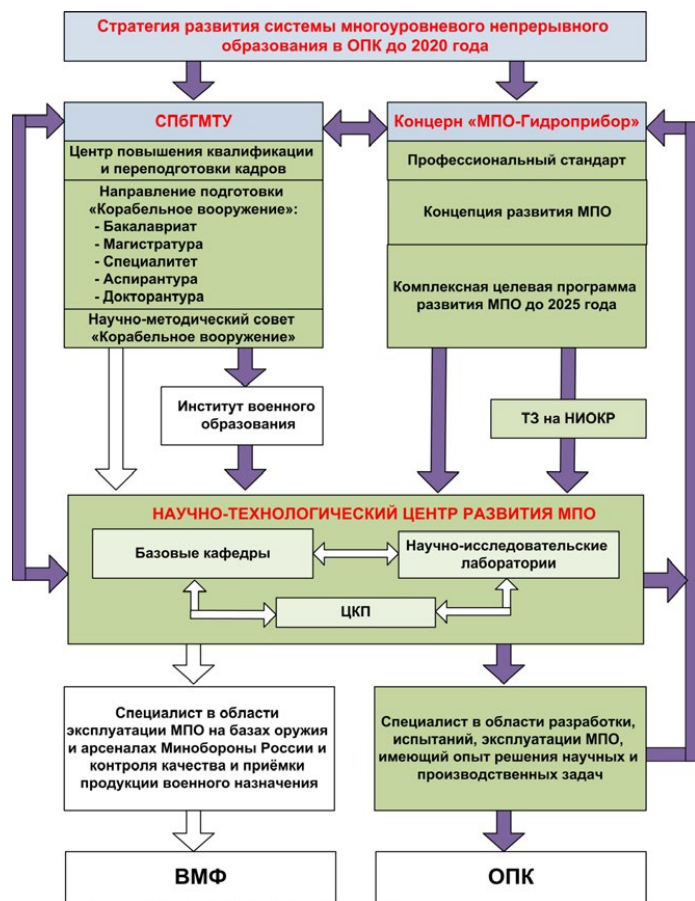


Рисунок 2 – Схема подготовки нового поколения инженеров

Созданные совместно с организациями ОПК базовые кафедры являются аппаратурой для приведения в соответствие интересов стратегических партнёров: заказчика кадров – организации ОПК и исполнителя – СПбГМТУ.

Реализуя указанную схему совместной подготовки системных инженеров, СПбГМТУ через совместную работу в НТЦР МПО получает от заказчика обратную связь на основе ТЗ и договора, которая позволяет корректировать и совершенствовать инженерную подготовку и оперативно внедрять в учебный процесс новые образовательные программы, пользуясь правом самостоятельно устанавливать образовательные стандарты. Привлечение студентов к решению прикладных задач проектирования образцов МПО позволяет им получить навыки научной работы. Построение учебного процесса по принципу управления образовательными программами обеспечивает инновационную и проектную подготовку специалистов, даёт студентам новые компетенции и служит важнейшим фактором, обеспечивающим конкурентоспособность выпускников СПбГМТУ.

Таким образом, на базе НТЦР МПО создана новая научно-образовательная и инновационно-производственная цепочка: студент (команда) разрабатывает идею в НИЛ, затем оформляет технологию в изделие и создаёт физический прототип в лаборатории прототипирования морской техники, далее опытная партия изделия производится в цехе опытного мелкосерийного производства, проходят его испытания, и новое изделие встраивается в технологическую цепочку организации-партнера – Концерна «МПО – Гидроприбор».

В качестве пилотного проекта в 2015 году в СПбГМТУ совместно с Концерном создана научно-исследовательская лаборатория программно-аппаратных систем контроля морской техники (НИЛ ПАСК МТ). В 2017 г. Минобрнауки РФ в рамках конкурса научных проектов опре-

делил победителем проект СПбГМТУ «Обоснование требований к основным характеристикам информационно-измерительной системы параметров неконтактной аппаратуры перспективного необитаемого подводного аппарата», выполняемый по государственному заданию коллективом НИЛ ПАСК МТ. Индустриальный партнёр проекта – АО «Концерн «МПО – Гидроприбор».

В СПбГМТУ создан Институт военного образования (ИВО), осуществляющий подготовку по ВУС и выпускающий действующих кадровых и офицеров запаса. Интеграция гражданского и военного образования позволяет студентам приобретать более полные и практические знания о жизненном цикле образцов МПО и вооружения.

Предложенная система многоуровневой непрерывной подготовки высококвалифицированных кадров была представлена на НТС ВПК в 2015 и 2016 гг., где получила одобрение, что послужило основой для создания универсальной системы подготовки кадров для ОПК и ВМФ.

Координация учебно-методического содержания направления подготовки «Корабельное вооружение» в соответствии со стратегией развития МПО, интеграция материально-технических ресурсов организаций ОПК и интеллектуального потенциала ФМП и ИВО, использование проектно-ориентированного подхода позволили СПбГМТУ создать интегрированную систему подготовки квалифицированных специалистов для ОПК и ВМФ, которая обеспечивает:

во-первых, повышение качества подготовки специалистов путём проектно-ориентированного обучения в НТЦ развития МПО по техническим заданиям заказчика на НИОКР и внедрение в учебный процесс передовых научных знаний и результатов научно-технических разработок;

во-вторых, умение выпускников выполнять проектную работу в команде и приобретение студентами практических навы-

ков управления жизненным циклом МПО КВ;

в-третьих, сокращение сроков адаптации выпускников СПбГМТУ на конкретных рабочих местах и закрепление молодых специалистов в организациях ОПК.

Конкурентным преимуществом предложенной системы является высокое качество подготовки специалистов, теснейшее скоординированное сотрудничество СПбГМТУ с организациями ОПК и МО РФ, которое результативно развивается в

совместных НИИ и на базовых кафедрах СПбГМТУ.

Промежуточным итогом формирования нового поколения кадров для ОПК и ВМФ является решение Минпромторга РФ о включении СПбГМТУ в сводный Реестр организаций ОПК (приказ от 8 ноября 2017 г. № 3856), что обеспечивает дальнейшую долгосрочную перспективу развития СПбГМТУ и направления «Корабельное вооружение»

ЛИТЕРАТУРА

1. Филимонов, А.К., Боярский А.Г. Подводная робототехника – перспективное направление развития ФМП [Текст] // За кадры верфям. – СПб.: СПбГМТУ, 2013. – № 22-23 (2506-2507). – С. 4-5.
2. Филимонов А.К. Факультет морского приборостроения – высшая школа морских инженеров [Текст] // Труды выездного заседания совета по гидрофизике СПбНЦ РАН на Факультете морского приборостроения. – СПб.: СПбГМТУ, ФГУП ЦНИИ «Гидроприбор», 2005. – С. 3-20.
3. Филимонов, А.К. Факультет морского приборостроения - уникальный научно-учебный центр [Текст] // За кадры верфям. СПб.: СПбГМТУ, 2004. – № 12 (2243). – С. 2-3.
4. Филимонов, А.К. Факультет морского приборостроения – факультет XXI века [Текст] // За кадры верфям. СПб.: СПбГМТУ, 2003. – № 9 (2238). – С. 2.
5. Патрушев, В. В. Система подготовки современных высококвалифицированных кадров для концерна «Морское подводное оружие – Гидроприбор» на примере СПбГМТУ [Текст] / В.В. Патрушев, А.К. Филимонов, А.Б. Акопян, Д.И. Кузнецов // Морской вестник. – 2015. – № 2 (54). – С. 112-113.
6. Патрушев, В.В. Система подготовки нового поколения инженерных кадров для ОПК и ВМФ [Текст] / В.В. Патрушев, А.К. Филимонов, А.Б. Акопян, Д.И. Кузнецов // За кадры верфям. – СПб.: СПбГМТУ, 2017. – № 10 (2567). – С. 2-3.

УДК 069.1

канд. воен. наук А.А. РЕПИН, канд. воен. наук В.А. СУДАРЧИКОВ,
к. филол. н. А.Е. ШАПОВАЛОВА

МУЗЕЙ МОРСКОГО ПОДВОДНОГО ОРУЖИЯ КАК НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ БАЗА ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ГНЦ «ГИДРОПРИБОР»

Музей морского подводного оружия представлен в статье не только в аспекте выставочно-экспозиционной и научно-исследовательской деятельности, но и как учебно-методическая база подготовки специалистов Концерна, предприятий ВПК и вузов Санкт-Петербурга.

В ГНЦ РФ АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор» работает единственный в мире музей российского подводного морского оружия. Он был создан к 60-летию со дня основания ЦНИИ «Гидроприбор» и включил в себя уникальную экспозицию, посвященную истории развития морского подводного оружия в России, охватывающую 200-летний период.

Коллекцию музея составляют ряд раритетных образцов оружия, моделей кораблей, картин, предоставленных Центральным военно-морским музеем, Государственным морским техническим университетом, а также арсеналами Балтийского и Северного флотов. Значительная часть экспозиции представлена образцами изделий, разработанных в Концерне.



Большой зал музея

Гордостью музея по праву можно считать коллекцию образцов морского подводного оружия от середины XIX до начала XXI столетия от гальванической мины образца 1850 года до современных минно-ракетных и минно-торпедных комплексов. Здесь представлены образцы подводного оружия, которые использовались в Крымскую (1853-1856 гг.), Русско-турецкую (1877-1878 гг.), Русско-японскую (1904-1905 гг.), Первую мировую (1914-1918 гг.), Гражданскую (1918-1920 гг.), Советско-финскую (1939-1940 гг.), Великую

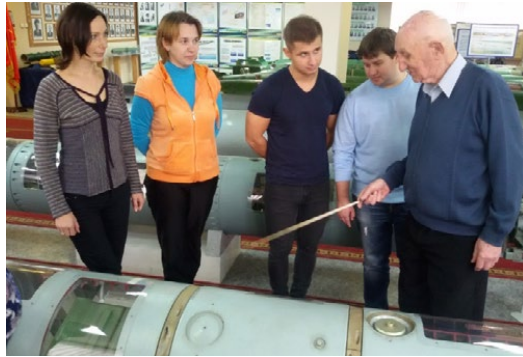
Отечественную (1941-1945 гг.) войны, а также в локальных конфликтах послевоенного времени.

Экспозиция музея занимает два зала в основном здании, павильон и открытую площадку в музейном дворе. Общая площадь экспозиции 769 м².

Музей задумывался как научно-техническая база для изучения истории возникновения и развития морского подводного оружия, его конструктивного построения и технического решения отдельных вопросов, а также повышения престижа Кон-

церна, привлечения будущих сотрудников. Кроме того, как культурно-образовательное учреждение, музей реализует функцию патриотического воспитания молодежи, фор-

мирует соответствующее отношение сотрудников к флоту, военно-морской науке и своему предприятию.



Подготовка молодых специалистов

Современный музей – это не только научное или научно-просветительное учреждение, как это было в XIX-XX вв. Сегодня музей – это пространство социокультурной коммуникации, способствующее сохранению и передаче исторических тра-

диций, формированию моральных ценностей, воспроизводству культуры. Благодаря чувственно-эмоциональному воздействию музей приобщает человека к историческим свидетельствам и культурным раритетам.



Начальник отдела истории МПО В.Е. Кукушкин знакомит председателя коллегии ВПК РФ Д.О. Рогозина с экспонатами музея

Музей морского подводного оружия ведёт активную научно-исследовательскую, экспозиционно-выставочную и культурно-образовательную деятельность, занимаясь комплектованием, учётом и из-

учением своего собрания, формируя экспозицию, проводя экскурсии для разных групп посетителей. В этом смысле музей Концерда выполняет те же функции, что и музеи других предприятий, задача которых –

собирать, хранить и передавать историю, зафиксированную в документах и материальных ценностях.

Но музей является ещё и научно-ме-

тодической базой подготовки специалистов Концерда, а также студентов вузов, курсантов военно-морских училищ, специалистов зарубежных ВМС.



Экскурсия для иностранных заказчиков

Научно-методическая деятельность занимает особое место в работе музея. Она связана с проведением занятий для всех категорий обучающихся. Занятия проводятся в специально оборудованном классе и в залах музея у образцов оружия. В классе про-

ходят теоретические занятия, на которых рассматриваются общие вопросы истории создания, развития, функционирования и конструирования морского подводного оружия.



Занятия с курсантами СПБГМУ

Представленные в залах музея образцы изделий становятся наглядными учебными пособиями для практических занятий по изучению конструктивных особенностей морского подводного оружия. Собранные в одном месте, они позволяют специалисту любого профиля изучить практически всю

номенклатуру изделий, разрабатываемых Концердом. В этом смысле музей можно рассматривать не только как научно-методическую, но и как материально-техническую базу учебного процесса, реализуемого в Концерне.

ВЫВОДЫ

Таким образом, в научно-образовательном процессе Концерна теория успешно сочетается с практикой. Уникальность музея морского подводного оружия заклю-

чается в том, что, являясь, по сути, музеем производственного предприятия, он выполняет учебно-методическую функцию, присущую музеям высших учебных заведений, что отражает его тесную связь с научными подразделениями Концерна.

ЛИТЕРАТУРА

1. 75 лет на службе флоту и Отечеству [Текст] - СПб.: Издательство «Премимум Пресс», 2019.
2. Кожина О. По заветам великого полководца. [Текст]// Выборгский район. - 10.08.2018. № 12 (104).
3. Мельникова Г.Ф., Гильманшина С.И. Музеи университета как фактор поликультурного воспитания молодежи [Текст]// Современные проблемы науки и образования: электронный научный журнал, 2015. № 4.
4. Сырыгин Д.С. Музей промышленного предприятия как культурная составляющая промышленного туризма [Текст]// Научный форум: Филология, искусствоведение и культурология: сб. ст. по материалам XII междунар. науч.-практ. конф. - № 1(12). - М., Изд. «МЦНО», 2018.

УДК 551.4.01

*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»

В статье излагается поэтапное формирование методики оценки эффективности морского подводного оружия в ЦНИИ «Гидроприбор». Методика включает критерии эффективности и систему моделей, позволяющих производить оценку эффективности изделий, определять оптимальное сочетание их ТТХ, исходя из типа цели, характера её противодействия и внешних условий.

исследований становились оптимизация параметров образца, сравнительный анализ возможных альтернативных вариантов для выбора предпочтительного образца и определение требований к обеспечивающим подсистемам, т.е. задача исследований эффективности объективно становилась одной из важнейших задач для разработчиков.

В ЦНИИ «Гидроприбор» систематические работы по оценке эффективности боевого использования торпед были начаты в первой половине 1960-х годов после образования научно-исследовательского специального технического сектора. Это подразделение в основном было образовано из отставных офицеров ВМФ, выпускников ЛГУ и ЛКИ.

Проводимые исследования базировались на аналитических, графоаналитических и численных методах с использованием вероятных сеток, решались в основном плоские задачи с аппроксимацией характеристики реагирования ССН в виде сектора. Попытка решить пространственную задачу сводилась, по существу, к разделению всего диапазона глубин хода цели на ряд слоев, в каждом из которых также рассматривалась плоская задача. Результаты оценок в каждом слое суммировались соответствующим образом.

Используемые методы из-за вынужденных упрощений и допущений имели низкую точность и явно не соответствовали новым, гораздо более сложным задачам, стоявшим перед разработчиками в связи с развитием и усложнением техники.

1 СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ В ГНЦ «ГИДРОПРИБОР»

В настоящее время исследование эффективности является важнейшим этапом работ по созданию образцов морского подводного оружия (МПО). При системном подходе эти исследования уже на ранних этапах проектирования позволяют определить перспективные направления развития образца, выбрать оптимальные сочетания тактико-технических характеристик (ТТХ), выработать требования как к подсистемам оружия, так и к комплексам и обеспечивающим системам носителя.

Теория и методы исследований эффективности в области подводной техники появились и развиваются прежде всего в научно-исследовательских организациях флота, главным образом в Военно-морской академии.

В конце 1950-х – начале 1960-х годов стало ясно, что пассивная позиция организаций промышленности «флот заказывает – промышленность разрабатывает» не отвечает возросшим в связи с бурным научно-техническим прогрессом требованиям. Стала необходимой активная роль разработчиков в прогнозных оценках, разработке ориентиров, опережающих научно-исследовательских проработках и, следовательно, в самостоятельных регулярных исследованиях эффективности разрабатываемого оружия. При этом целью

Сложившуюся ситуацию хорошо понимал главный инженер института Р.В. Исаков. В 1967 году с одобрения директора А.М. Борушко и заместителя директора по НИР В.И. Егорова он решил радикально преобразовать скромную службу эффективности. Авторитетному специалисту С.М. Левину и только что получившему ученую степень М.А. Кузьмицкому было предложено перейти в состав сектора эффективности, освоить существующие методики и реорганизовать всю деятельность сектора на новой методологической основе с ориентацией на широкое использование появившейся вычислительной техники (ЭВМ «Минск-22»).

Так, в 1969 году было создано специальное подразделение института, занимавшееся исследованиями эффективности разрабатываемых образцов оружия, – отдел 96. Его возглавил к.т.н. М.А. Кузьмицкий, к.т.н. С.М. Левин стал начальником сектора оценки эффективности.

В кратчайшие сроки были разработаны методики исследований, включившие в себя:

- критерий эффективности;
- систему моделей, позволяющих путем математического моделирования рассматривать исследуемый процесс;
- ряд приемов вычисления критериев эффективности, нахождения оптимальных параметров и т.п.

Разработанные математические модели учитывали:

- качество изделий (ТТХ), уровень реализуемых технических идей, функциональные возможности (наличие режимов скорости), шумность, следность и т.п.;
- способ использования (стрельба в НМЦ, ОВПЦ, УМЦ, которые определяются объемом информации о цели), ошибки целеуказания и дальность стрельбы;
- тип цели, её ТТХ и характер противодействия.

Была создана и активно апробирова-

на современная методологическая база для исследования эффективности сначала образцов торпедного, а спустя некоторое время и образцов минного оружия. Разработки всех новых образцов МПО, начиная со стадии технического предложения и кончая периодом передачи в серийное производство, стали сопровождаться исследованиями эффективности.

С 1970-х годов и по настоящее время практически все исследования по оценке эффективности образцов оружия в институте проводятся на базе имитационных статистических моделей, позволяющих воспроизводить все существенные характеристики и особенности пространственно-временной связи сложной системы «оружие – среда – цель – средства гидроакустического противодействия (ГПД)».

С переводом программ с ВК «Эльбрус» на ПВМ большое внимание было уделено графическому отображению исследуемых процессов на мониторе. Реализация таких программ позволила существенно сократить сроки отладки сложных разветвленных машинных программ, более глубоко понять и наглядно представить исследуемые процессы в динамике.

Нужно отметить особый вклад, который внёс к.ф.-м.н., с.н.с. А.В. Степанов при разработке детальных математических моделей и программ с наглядным графическим отображением исследуемых процессов на ПК. Активно участвовали в разработке математических моделей также молодые сотрудники С.С. Энтина, Г.М. Коровина, Л.Н. Стеценко, Е.С. Ланцман, В.П. Хмельва.

За последнее время модели значительно усложнились. По мере расширения функциональных возможностей изделий, получения более точной информации об исследуемых процессах и накопления опыта проведения исследований модернизировались и развивались блоки моделей.

Наибольшее развитие получили блоки, моделирующие способ стрельбы, поиск цели и канал обнаружения системы самона-

ведения (ССН).

Блоки, моделирующие способ стрельбы и реализующие расчет элементов торпедной стрельбы, моделируют работу БИУС. Модель воспроизводит практически все существующие способы стрельбы.

Блоки, моделирующие поиск цели, воспроизводят циркуляционный поиск, поиск по плавной и программной (дискретной) «змейке», логарифмической спирали и различного вида комбинированные поиски.

Усложнение аппаратуры ССН, а также необходимость оценки эффективности изделий в сложной помеховой обстановке (наличие заградительных и прицельных по частоте помех, самоходных имитаторов ПЛ-цели) потребовали перехода от геометрической модели к акустической.

В современных моделях в каждом акустическом цикле воспроизводятся все виды естественных (поверхностная, донная и объемная реверберации, ходовая помеха) и искусственные преднамеренные помехи. Рассчитывается соотношение сигнала/помеха для всех входящих сигналов на входе и выходе приемного тракта и определяется факт срабатывания ССН непосредственно по рабочим характеристикам аппаратуры.

Сегодня в связи с быстрым развитием средств ГПД и оснащением современных ПЛ автоматизированными системами противоторпедной защиты (ПТЗ), способными в кратчайшее время обнаружить, классифицировать атакующие торпеды и обеспечить комплексную постановку различных средств ГПД, важной задачей является дальнейшее повышение эффективности торпедного оружия.

Одним из возможных путей повышения эффективности торпед является разработка траекторных алгоритмов поиска цели, способных по накопленной информации адаптироваться к условиям окружающей обстановки. В этом направлении проведена большая работа. Разработана модель и подход к выбору адаптивного алгоритма поиска, проведены исследования. Выбор адаптивного алгоритма осуществляется

на основе системного подхода, позволяющего получить необходимое соотношение между объемом полученной аппаратурой ССН информации о противодействующих средствах ГПД и боевой эффективностью торпеды. Это, в свою очередь, позволяет разработчикам ССН оценить вклад технических доработок аппаратуры, связанных с получением дополнительной информации об окружающей среде, в повышение эффективности торпеды.

В настоящее время для исследования эффективности МПО в ГИЦ «Гидроприбор» сосредоточен целый комплекс математических моделей:

- авиационных противолодочных торпед (автономных и телеуправляемых);
- ракетно-противолодочных комплексов (РПК);
- корабельных универсальных торпед (автономных и телеуправляемых);
- средств ГПД (дрейфующих и самоходных) в задачах ПТЗ и ПЛО;
- минных комплексов в режимах ПЛ и НК;
- антиторпед.

Программные реализации моделей разрабатывались в течение длительного времени при участии специалистов всех основных подразделений института.

2 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МПО

Эффективность любого оружия есть характеристика, определяющая, в какой мере данный образец оружия отвечает своему назначению. В настоящее время эта характеристика определяется моделированием. Моделирование есть средство изучения системы путём её замены более удобной для экспериментального исследования системой (моделью), сохраняющей существенные черты оригинала, и испытание модели методом проб.

Под математической моделью понимается формализованное описание, т.е.

совокупность соотношений, выраженных математически, пользуясь которыми можно с той или иной степенью приближения определить численные значения показателей, характеризующих процесс.

В практике проектирования торпедного оружия приняты следующие методы исследования процессов поиска и самонаведения:

- аналитические и графические методы расчёта;
- физико-математическое моделирование (ФММ) на аналоговых вычислительных машинах (АВМ);
- моделирование на цифровых вычислительных машинах (ЦВМ).

Использование аналитических методов для исследования сложных процессов поиска и самонаведения практически нецелесообразно из-за существенных допущений, упрощений и идеализации математических моделей процесса, что снижает достоверность полученных результатов.

Графоаналитические методы в недалёком прошлом находили широкое применение. Это объяснялось прежде всего их большой наглядностью. Однако эти методы требуют значительных упрощений, и, кроме того, они весьма трудоёмки.

При исследовании процесса самонаведения широко используется метод ФММ, которому свойственны достаточная простота, наглядность решения и, главное, возможность включения в контур управления реальной аппаратуры. Однако проведение статистико-вероятностных исследований, связанных с большим числом реализаций процесса самонаведения, ограничивает применение АВМ в силу их эксплуатационных качеств, а также в связи с необходимостью последующей статистической обработки результатов. Поэтому в последнее время для статистических исследований процесса самонаведения стали применять метод математического моделирования на ЦВМ.

Целесообразным методом исследования процесса поиска также является

статистическое моделирование на ЦВМ. Сущность статистического моделирования сводится к синтезу для исследуемого процесса некоторого моделирующего алгоритма, имитирующего поведение и взаимодействие элементов исследуемой системы с учётом случайных воздействий. При этом метод не требует значительных упрощений и допущений исходной математической модели, т.е. позволяет получать результаты с большей, чем остальные методы, точностью. Кроме того, обработка всех результатов производится автоматически, и результаты в требуемой форме (таблица или график) могут быть выведены на печать.

Метод статистического моделирования заключается в проведении серии однотипных экспериментов с моделью на ЦВМ, в которой вероятностные характеристики процесса проявляются в частных реализациях в каждом эксперименте в соответствии с заданным распределением.

Исследования эффективности предполагают решение трёх взаимосвязанных проблем:

- 1) выбор показателей эффективности, т.е. введение таких показателей или критериев, значение которых количественно оценивает степень соответствия разрабатываемого изделия требованиям к нему как к морскому оружию;
- 2) создание математического аппарата, позволяющего вычислять значения критериев эффективности;
- 3) использование созданного математического аппарата для оценки эффективности изделий и определение путей их повышения.

3 КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОРПЕДНОГО ОРУЖИЯ

Критерий эффективности – одно из понятий исследования операций. Под операцией при этом понимают целенаправленное действие.

3.1 Требования к критериям

1. Критерий должен выражаться в ко-

личественной мере и допускать объективную оценку методами точных наук.

2. Критерий должен соответствовать цели операции, так чтобы улучшению хода операции отвечало увеличение критерия и увеличению критерия – улучшение хода операции.

3. Критерий должен быть по возможности простым и доступным для восприятия.

Кроме того, критерий должен быть:

- чувствительным к параметрам, оптимальные значения которых находятся;
- представительным по отношению к условиям проведения операции;
- способным устанавливать между различными вариантами отношение упорядоченности.

3.2 Условия использования торпедного оружия

Согласно общим требованиям, критерии эффективности должны учитывать условия использования рассматриваемого оружия, которые, в свою очередь, определяются рядом обстоятельств и факторов.

1. Носители торпедного оружия:

- ПЛ и НК;
- самолёты и вертолёты;
- РПК.

2. Информация о курсе, пеленге, дистанции до цели (КПДЦ):

- пеленг (П);
- пеленг, дистанция (П, Д);
- пеленг, дистанция, сторона изменения пеленга (П, Д, знак ± П);
- пеленг, дистанция, скорость изменения пеленга (П, Д,);
- пеленг, дистанция, скорость и курс цели (П, Д, V, q).

Первые два пункта соответствуют малой подготовке, третий и четвёртый – сокращённой и пятый – полной подготовке применения оружия.

3. Информация о характере боевой ситуации: вид цели (ПЛ, НК), класс цели, упреждающий или ответный залп.

4. Способ стрельбы, выбранный носителем оружия.

Для торпед, используемых с ПЛ и НК, различают следующие основные способы стрельбы:

- по пеленгу;
- в настоящее место цели (НМЦ);
- в область возможного положения (ОВП) цели, уклоняющейся от залпа торпед.

Для торпед, используемых с авиационных носителей, принятыми способами торпедометания являются:

- в НМЦ;
- в ОВП цели.

Для РПК стрельба производится:

- в НМЦ;
- в ОВП цели.

Приведённые способы стрельбы являются общепринятыми, но не исчерпывающими, поскольку в них не отражён ряд важных признаков, характеризующих залп, таких как количество торпед в залпе, торпедный интервал, дистанция включения аппаратуры и т.д.

5. Гидрологические условия: тип гидрологии, наличие слоя скачка, коэффициент затухания и т.д.

6. Поведение цели:

- движется равномерно и прямолинейно;
- уклоняется от залпа;
- уклоняется от залпа и использует СГПД и ПТЗ.

Из сказанного следует, что условия использования торпед весьма многообразны. Назовём каждое конкретное сочетание этих условий ситуацией боевого использования. Поскольку ситуаций бесконечное множество, то каждую ситуацию можно считать элементом некоторого множества боевых ситуаций. Задача состоит в том, чтобы задать на этом множестве функцию (или ряд функций), оценивающую эффективность изделия. Эта функция и будет критерием эффективности (или, соответственно, системой критериев эффективности) торпеды.

3.3 Основные критерии эффективности

В качестве критериев боевой эффективности принимаются:

- вероятность попадания в цель хотя бы одной торпеды из залпа;
- дистанция эффективной стрельбы, при которой достигается заданная вероятность попадания хотя бы одной торпеды в цель.

Первый из критериев представляет собой не что иное, как семейство численных значений вероятности попадания в цель не менее чем одной торпедой из залпа, отвечающих рассматриваемым условиям стрельбы и различных дистанций залпа, т.е. значений, полученных путём решения функционала

$$P(D) = F(A, D), \quad (1)$$

где A – рассматриваемые условия стрельбы, определяющие состояние системы «торпеда – цель – среда»; D – дистанция между объектами в момент стрельбы.

Первый критерий принято представлять в виде графика.

При использовании торпеды по ПЛ с воздушных носителей вероятность попадания определяется функцией

$$P = F(B), \quad (2)$$

где B – условия сбрасывания и состояние системы «торпеда – цель – среда».

При этом заданным условиям сброса и состоянию системы отвечает единственное числовое значение вероятности попадания.

Под вторым критерием – дистанцией эффективной стрельбы понимается дистанция, при стрельбе с которой вероятность попадания равна заданной величине

$$D_{эф} = D \text{ при } P(D) \geq P_{зад} \quad (3)$$

Достоинством этого критерия является то, что он достаточно легко вычисляется, легко находится по графику функции $P(D)$, чувствителен к изменению основных параметров торпеды и нагляден. В настоящее время этот критерий получил широкое

распространение.

Вместе с тем особенностью этого критерия является то, что его значение зависит не только от качества торпеды, но и от способа стрельбы, типа цели и её поведения. Поэтому при приведении значения критерия $D_{эф}$ обязательно указывается, как он был вычислен (тип цели, её поведение, способ стрельбы, наличие информации о цели у стреляющей ПЛ).

Определённым недостатком критерия $D_{эф}$ является отсутствие достаточно ясных оснований для выбора величины $P_{зад}$. В настоящее время в подавляющем большинстве случаев $P_{зад}$ принимается равным 0,8.

В отдельных случаях при сравнении альтернативных вариантов торпеды по критерию $D_{эф}$ они могут оказаться достаточно близкими, и отдать предпочтение тому или другому варианту будет затруднительно. В подобной ситуации в качестве дополнительного критерия можно использовать критерий средней вероятности попадания $P_{ср}$:

$$P_{ср} = \frac{1}{D_{эф} - D_{\min}} \int_{D_{\min}}^{D_{эф}} P(D) dD, \quad (4)$$

где D_{\min} – минимальная дистанция стрельбы данной торпедой

Геометрический смысл критерия $P_{ср}$ – площадь под кривой, делённая на $(D_{эф} - D_{\min})$.

Критерии $D_{эф}$ и $P_{ср}$ используются для оценки эффективности автономных и телеуправляемых торпед и ракетно-торпедных комплексов при стрельбе по ПЛ и НК-целям.

4 ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВЫБОР КРИТЕРИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Важным обстоятельством, которое должно приниматься во внимание при выборе критерия, является стадия разработки торпеды и комплекса, в состав которого она

входит, а также объём имеющейся информации об условиях использования торпеды.

В зависимости от стадии разработки и полноты задания параметров торпеды и комплекса могут встретиться следующие основные случаи использования критерия.

4.1 Все параметры торпеды и комплекса, влияющие на исход выстрела (залпа) или сбрасывания, заданы.

В этом случае (он встречается на завершающей стадии разработки) условия стрельбы или сбрасывания целесообразно принять такими, чтобы можно было целиком оценить весь комплекс, включающий торпеду. Соответствующий критерий эффективности может быть назван комплексным.

Исследования, проводимые с его помощью, носят в данном случае пассивный характер, поскольку не влияют на величину критерия, а лишь позволяют констатировать его значения, отвечающее различным способам стрельбы и поведения цели.

4.2 Параметры комплекса не заданы, а для параметров торпеды определены лишь пределы, в которых они могут меняться.

Подобная ситуация возникает, например, при проектировании боевой части ракетно-торпедного комплекса, когда схема стрельбы ещё окончательно не выбрана.

В этом случае целесообразно использовать один или несколько частных критериев эффективности. При этом условия, в которых определяется величина критерия, не обязательно должны отвечать реальным условиям поиска и преследования цели, которые могут быть при конкретном выстреле, – они должны носить обобщённый характер, отвечающий определённой совокупности выстрелов торпедами данного типа.

Главное требование, которое должно предъявляться частному критерию, состоит в том, чтобы найденные на его основе параметры торпеды были оптимальными с точки зрения комплекса. Само же значение частного критерия в ряде случаев может не

иметь самостоятельного значения.

В данном случае исследования носят активный характер, поскольку посредством оптимального подбора параметров они влияют на величину комплексного критерия эффективности.

4.3 Параметры комплекса заданы, а для параметров торпеды установлены пределы, в которых они могут меняться.

Допустим, что заданы также распределение позиций стреляющего корабля (распределение точек приводнения авиационных торпед или ракет-торпед), способ стрельбы и поведение цели. В этом случае рационально первоначально воспользоваться частным критерием эффективности, чтобы предварительно выбрать параметры торпеды, а затем, пользуясь комплексным критерием, уточнить их значения. Исследование в этом случае также носит активный характер.

Степень достоверности информации о параметрах комплекса и внешних условиях (состояние среды) влияет на выбор параметров торпеды и оценку эффективности комплекса.

Предположим, что для задачи обнаружения и уничтожения цели выбранным критерием эффективности является вероятность поражения (попадания), а возможные варианты разработки торпеды сведены к нескольким конструктивным решениям. Конструктивные решения могут отличаться схемой поиска, радиусом реагирования и величиной угловой скорости циркуляции на поиске, скоростью и дальностью хода торпеды. Предположим также, что проведён анализ чувствительности, т.е. определены переменные, к которым наиболее чувствителен критерий, и допустим, что вероятность поражения цели для рассматриваемых вариантов в большей степени зависит от ошибок целеуказания. Ошибки целеуказания, в свою очередь, зависят от внешней «среды» – состояния моря, маневрирования ПЛ при выработке целеуказания и т.д. Поскольку состояние среды достоверно не предсказуемо, разработчик торпеды,

как правило, не располагает на первых этапах проектирования точностными зависимостями параметров системы обнаружения от внешних условий, поэтому действительные значения ошибок целеуказания при использовании торпеды в конкретной ситуации не могут быть заранее определены. Однако можно рассчитать вероятность поражения для каждого варианта торпеды при различных ошибках целеуказания из числа возможных. Результаты могут быть представлены в виде оценочного функционала (платёжной матрицы).

Рассмотрим платёжную матрицу. В этой матрице индексами A_1, A_2, A_3, A_n обозначены возможные для разработчика торпеды решения, индексами B_1, B_2, B_m – возможные характеристики комплекса, например среднеквадратическая ошибка целеуказания. Значения P_{ij} в матрице представляют собой количественные показатели эффективности действия, или «платежи» для каждого из возможных комбинаций варианта торпеды (i) и возможных параметров комплекса (j).

	B_1	B_2	.....	B_m
A_1	P_{11}	P_{12}	.....	P_{1m}
A_2	P_{21}	P_{22}	.....	P_{2m}
A_3	P_{31}	P_{32}	.....	P_{3m}
....	.....	.....	P_{ij}	.....
A_n	P_{n1}	P_{n2}	.....	P_{nm}

Выбор конструктивного решения на основе сравнения приведенных в матрице платежей связан с определённой степенью риска. Этот риск обусловлен неопределённостью в знании характеристик комплекса, в частности ошибок целеуказания системы обнаружения, которые зависят от состояния моря во время использования торпеды, временем слежения за ПЛ-целью и т.д.

Рассмотрим четыре типичные ситуации, с которыми может столкнуться разработчик оружия, принимающий решение, и определим способы выбора наилучшего варианта разработки.

Первая и простейшая ситуация имеет место тогда, когда с достаточной степе-

нью достоверности известны внешние условия и ошибки целеуказания.

В этом случае нет риска и платёжная матрица упрощается до единичного столбца. Следовательно, наиболее конструктивный вариант торпеды может быть выбран однозначно без какого-либо риска. Этот случай называется принятием решения в условиях определённости исходной информации. Критерием для сравнения вариантов изделий в этом случае является больший выигрыш.

Второй случай включает ситуации, при которых нет возможности точно предсказать, какие будут внешние условия, однако известна вероятность, с которой могут ожидаться те или иные состояния. В этом случае выбор наилучшего варианта изделия связан с определённым риском, и он называется принятием решения в условиях риска. Ожидаемый выигрыш (вероятность поражения) для каждого варианта торпеды может быть определён как математическое ожидание числа поражённых целей:

$$P_i = P_{i1}Q_1 + P_{i2}Q_2 + \dots + P_{ij}Q_j + \dots + P_{im}Q_m = \sum_{j=1}^m P_{ij}Q_j, \quad (5)$$

где P_{ij} – эффективность i -го варианта торпеды в j -ой ситуации; Q_j – вероятность j -ой ситуации.

Если рассчитать ожидаемый выигрыш для каждого варианта торпеды, то в условиях риска основанием для выбора наилучшего варианта торпеды будет максимальная величина математического ожидания меры эффективности действий (критерий Байеса).

Третий случай связан с полным незнанием принимающим решение вероятности тех или иных ошибок целеуказания. Этот случай называется принятием решения в условиях неопределённости исходной информации.

Выбор критериев для принятия решения занимает центральное место в исследовании проблем принятия решения в

условиях неопределённости. В специальной литературе предлагается целый ряд критериев, к основным из которых можно отнести критерии Байеса, Гурвица, Лапласа, Сэйвиджа, Уолда и т.д.

При этом критерия, оптимального для всех возможных ситуаций, не существует. Наилучший критерий существует только для определённого лица, принимающего решение для выполнения конкретной задачи.

Рассмотрим некоторые из критериев. Осторожный разработчик торпедного оружия выберет такой вариант торпеды, который обеспечил бы ему наилучший гарантированный выигрыш. Это критерий Уолда, минимизирующий степень риска при принятии решения. Его также называют критерием максимина, поскольку сначала отыскивается минимальный выигрыш для каждого варианта торпеды, а затем выбирается тот вариант, который обеспечивает получение максимально возможного из этих минимально гарантированных выигрышей.

Критерий максимина называют ещё критерием пессимизма, поскольку он предполагает во время использования торпеды наихудшие внешние условия.

Оптимист выберет бы вариант на основе критерия максимакса, предполагая, что природа выступает в роли его союзника и, следовательно, состояние окружающей среды во время использования торпеды будет способствовать получению выигрыша. Критерий максимакса, или критерий Гурвица, предполагает, что каждый принимающий решение обладает некоторым оптимизмом в оценке конкретной ситуации.

Гурвиц предлагает для выражения степени оптимизма принимающего решение воспользоваться шкалой чисел от «0» до «1»: нуль выражает полнейший пессимизм, а единица – полнейший оптимизм. Тогда ожидаемый выигрыш для каждого из вариантов торпеды подсчитывается как:

$$P_i = P_i \max K + P_i \min (1 - K), \quad (6)$$

где $P_i \max$ и $P_i \min$ – максимальная и минимальная эффективности i -ого варианта торпеды в рассматриваемом диапазоне ошибок целеуказания, K – коэффициент оптимизма принимающего решение.

В основе следующего критерия используется минимизация потерь. Принимающий решение на основе платёжной матрицы подсчитывает относительное уменьшение эффективности действия торпеды, которое он может получить в случае, если внешние условия не будут соответствовать выбранному варианту торпеды, и составляет «матрицу потерь». Элементами матрицы потерь в каждом столбце будет разница между максимальной эффективностью действия торпеды при данных внешних условиях и эффективностью действия i -ого варианта торпеды в этих же условиях.

Этот критерий был введён Сэйвиджем, который предлагает воспользоваться матрицей потерь и, применив к ней критерий максимина, определить вариант торпеды, обеспечивающий наименьшие потери.

Довольно часто используется и критерий рациональности, или критерий Лапласа. Он исходит из того, что полная неосведомлённость о вероятном состоянии среды эквивалентна предположению, что каждое состояние среды во время использования торпеды равновероятно. Если же какое-либо состояние окружающей среды предполагается с большей вероятностью, чем другое, то это значит, что в распоряжении принимающего решение имеется некоторая информация и такая ситуация не может рассматриваться как случай полной неопределённости исходной информации.

Используя критерий рациональности, можно подсчитать ожидаемый выигрыш для каждого из вариантов торпеды так же, как это делалось в случае принятия решения в условиях риска.

Рассмотренные выше три случая принятия решения в условиях определённости, риска и неопределённости относятся к ситуациям, в которых состояние природных (внешних) условий изменяется без учёта

того воздействия, которое оно оказывает на выигрыш лица. Для обозначения принятия решения в этих случаях обычно применяется термин «игры против природы».

К четвёртому случаю относятся ситуации, в которых природные условия контролируются разумным оппонентом (противником), способным предпринимать определённые действия, т.е. этот оппонент может выбирать для своих действий такое состояние окружающей среды, чтобы вы-

полнить свою задачу и помешать достижению цели оппонентом. Задачи такого типа известны под названием «стратегические игры».

В следующих главах данной статьи, публикуемых в следующем номере сборника, предлагаются некоторые примеры использования критерия эффективности на различных стадиях разработки оружия и математическая модель оценки эффективности торпеды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методика оценки эффективности минно-торпедного оружия и ГПД (1-й этап НИР «Вега-МСП-МТ»). – НПО «Уран», 1970. – Инв. № Л-27154.
2. Гаррет Р., Лондон Дж. Основы анализа операций на море.
3. ЕСИД НПО «Уран». – Инв. № Л-54467.

УДК 355/359

канд. воен. наук Я.В. ЕЩЕНКО, д-р воен. наук А.Н. ПОПОВ,
д-р воен. наук В.В. ПУЧНИН, канд. воен. наук В.А. СУДАРЧИКОВ

ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И РАЗВИТИЯ ВМФ РОССИИ

В статье проведен сравнительный анализ боевых возможностей Военно-морского флота Российской Федерации и военно-морских сил ведущих морских держав мира по выполнению основных оперативных задач. На основе полученных выводов сделаны рекомендации по дальнейшему строительству и развитию Военно-морского флота Российской Федерации и внесению изменений в государственную программу вооружения на 2018-2027 годы.

Вековой опыт России, когда она вела борьбу за вхождение в число ведущих мировых держав, свидетельствует, что наиболее высокого положения можно достичь, став морской и океанской державой. Начиная с XVIII века Россия развивалась не только как сухопутная, но и как морская держава. Мощь флота придала континентальной России новое качество в успешном соперничестве с ведущими европейскими и мировыми державами. Только такой вектор развития позволил России стать в один ряд с теми, кто определяет большую геополитическую игру в мире. Не реализовав этот потенциал, Россия навсегда могла остаться в границах Московского государства XVI – XVII веков.

Геополитический закон гласит, что в истории постоянным и основным геополитическим процессом является борьба сухопутных (континентальных) держав против морских (островных) государств. С начала XX века это противостояние двух геополитических констант стало приобретать глобальный характер.

Исходя из этого постулата, рассмотрим состояние и планируемые перспективы развития отечественного Военно-морского флота (ВМФ) в сравнении с развитием военно-морских сил (ВМС) ведущих морских держав мира.

Почти два года прошло со времени утверждения Президентом Российской Федерации «**Основ государственной политики Российской Федерации в области военно-морской деятельности на период до 2030 года**» (Основы) [6].

На наш взгляд, по качеству и глубине разработки Основы являются одним из наиболее важных и значимых документов стратегического планирования в области военно-морской деятельности, принятых в нашей стране за последние десять лет. Являясь, по сути, военно-морской стратегией России, Основы определили место и роль ВМФ в обеспечении национальной безопасности Российской Федерации, предельно четко и ясно ответили на вопрос, каким должен быть российский военный флот, определили основные пути его развития до 2030 года.

Военно-морское сообщество страны с воодушевлением восприняло появление этого документа, который вселяет надежду на скорейшее возрождение военно-морского могущества России.

С полным основанием можно заявить, что Президент России Владимир Владимирович Путин, утвердив этот стратегический документ, подтвердил понимание того, что Россия является не только великой континентальной, но и великой морской державой, что наличие сильного ВМФ обеспечит Российской Федерации лидирующие позиции в многополярном мире в XXI веке.

В Основах (ст. 32) прямо сказано: «*Военно-морской флот является одним из наиболее эффективных инструментов стратегического (ядерного и неядерного) сдерживания*».

Это обусловлено наличием в составе ВМФ морских стратегических ядерных сил и морских сил общего назначения, возмож-

ностью реализации его боевого потенциала практически в любом районе Мирового океана, способностью к развертыванию в короткие сроки группировок сил (войск) ВМФ в районах возникновения конфликтных ситуаций и длительному нахождению в этих районах без нарушения суверенитета других государств, а также высокой степенью готовности к действиям, в том числе к нанесению ударов по критически важным наземным объектам противника высокоточным оружием большой дальности (ВТО БД) морского базирования в обычном оснащении.

Наличие достаточного количества ВТО БД и его морских носителей, а также возможность их применения разными способами позволят обеспечить сдерживание широкомасштабных военных действий против Российской Федерации. Для чего в Основах также заявлено (ст. 39), что «Российская Федерация не допустит превосходства военно-морских сил других государств над Военно-морским флотом и будет стремиться к его закреплению на втором месте в мире по боевым возможностям». Первое место в средне- и долгосрочной перспективе, безусловно, будет принадлежать ВМС США.

В Основах впервые подчеркнуто, что одним из приоритетных направлений строительства и развития российского ВМФ является развитие группировок морских сил общего назначения в целях наделения их функциями по **стратегическому неядерному сдерживанию**, основанным на нанесении неприемлемого ущерба противнику применением ВТО БД (ст. 42 Основ). Данное положение прямо указывает на необходимость массового строительства морских носителей и их оснащения крылатыми ракетами большой дальности типа «Калибр», в дальнейшем – гиперзвуковыми ракетами типа «Циркон».

Но одно дело – теория, другое дело – реализация требований Основ на практи-

ке. Чтобы принимать правильные и ответственные государственные решения по реализации Основ, нужно видеть объективную картину состояния и реализуемых планов развития отечественного ВМФ.

На основании оценки состояния и развития ВМС ведущих морских держав (США [1], Китая [9], Франции [3, 4], Великобритании [8], Республики Кореи [10], Японии [12]) и Российской Федерации [11], сделанной по материалам открытой печати, составлена сравнительная таблица по кораблям основных классов на период до 2027 года включительно.

Анализ таблицы 1 показывает, что к 2027 году состав российского ВМФ и ВМС ведущих морских держав мира подвергнется следующим количественным и качественным изменениям.

1. В составе российского ВМФ количество многоцелевых атомных подводных лодок уменьшится почти в 2 раза (с 23 до 12), неатомных – в 1,35 раза, но при росте их ударных боевых возможностей; кораблей дальней морской и океанской зоны возрастет всего на 12% (с 42 до 47 единиц), в основном за счет фрегатов пр. 22350, хотя основу кораблей океанской зоны в 2027 году по-прежнему будут составлять крейсера и большие противолодочные корабли советской постройки со сроком службы 35-40 лет. Группировка морских стратегических ядерных сил практически не изменится и останется на уровне группировки АПЛ с баллистическими ракетами (ПЛРБ) ВМС США, существенно превышая состав и возможности ПЛАРБ Франции, Китая и Великобритании. Сегодняшний и перспективный состав морских десантных сил позволяют Северному, Тихоокеанскому, Балтийскому и Черноморскому флотам на каждом из четырех стратегических направлений проводить морские десантные действия тактического масштаба с высадкой до батальона морской пехоты в составе первого эшелона десанта.

Таблица 1 – Сравнительная таблица состава кораблей основных классов ВМС ведущих морских держав и Российской Федерации на период до 2027 года (включительно)

Тип корабля	США		Россия		Китай		Франция		Великобритания		Республика Корея		Япония	
	2020	2027	2020	2027	2020	2027	2020	2027	2020	2027	2020	2027	2020	2027
ПЛРБ (ПЛАРБ)	14	12	15	12	4	7	4	4	4	4	-	-	-	-
Многоцелевые атомные пл (пЛАРБ)	54(4)	50(4)	23(11)	12(9)	5	8	6	7	6	6	-	1	-	-
Двухцелевые пл (неатомные пл)	-	-	24(1)	18(4)	55(1)	67(6)	2	-	-	-	15(4)	21(10)	18(4)	24(9)
Авианосцы (атомные)	11(11)	12(12)	-	1(1)	2	4(2)	2(2)	2(2)	2	2	-	-	-	-
Легкие авианосцы, тяж.авиан.крейсер	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	2	-	2
Эм-вертолетоносцы	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
Десантные вертолетоносцы	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	-	-
Крейсера УРО (атомные)	20	16	5(2)	5(2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Эм УРО, блк	66	84	9	9	30	37	8	10	6	5	13	15	36	35
Фр УРО, скр	22	32	9	12	52	61	14	17	13	14	14	17	6	8
Крв. мрк. млк. патр.кор.	-	-	67	68	41	48	14	16	4	5	16	18	-	-
УЛК	12	12	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Двкд	16	16	-	-	6	8	3	4	2	3	2	1	3	4
БДк	-	-	18	17	-	-	-	-	3	3	-	-	-	-
ДУД	12	12	-	-	40	44	5	7	3	4	6	6	-	-

2. Корабельный состав ВМС США к 2027 году в количественном отношении возрастет на 22%, а его боевые возможности – не менее чем на 25% за счет вывода из боевого состава старых кораблей и совершенствования вооружения строящихся новых атомных авианосцев проекта «Дж. Форд», многоцелевых атомных подводных лодок проекта «Усовершенствованная Вирджиния», эсминцев УРО типа «Орли Берк» и фрегатов типа «Фридом» и «Индепенденс». При этом ВМС США способны провести одновременно на двух театрах военных действий (ТВД) (на удаленных территориях) морские десантные операции оперативно-стратегического масштаба с высадкой до 40 тыс. морских пехотинцев в каждой.

3. ВМС Китая к 2027 году в своем боевом составе будут иметь не менее трех собственных полноценных авианосцев, один из них – с атомной энергетической установкой, 7 ракетных атомных подводных лодок (с баллистическими ракетами), 8 многоцелевых атомных и 67 (6) дизельных (неатомных) подводных лодок, 102 корабля дальней морской и океанской зоны, а также 46 крупных десантных кораблей. Китайские ВМС будут способны провести на одном ТВД морскую десантную операцию стратегического масштаба с высадкой

до 200 тыс. человек.

4. Республика Корея с оборонным бюджетом в 2017 году в 40 млрд. долларов планирует иметь к 2025 году один вертолетоносец и два легких авианосца (на базе десантного вертолетоносного корабля-дока типа «Токто») с использованием палубных самолетов пятого поколения с коротким взлетом и вертикальной посадкой F-35B «Лайтнинг», закупленных у США [2]. Кроме того, Корея намерена с 2021 года начать разработку проекта и строительство собственной атомной под-водной лодки [5].

5. ВМС Японии к 2027 году будут иметь 15 дизельных и 9 неатомных подводных лодок с воздухомезависимой энергетической установкой, пять вертолетоносцев и два легких авианосца типа «Идзумо» с использованием палубных самолетов F-35B «Лайтнинг», закупленных у США.

6. С сопоставимым с Россией оборонным бюджетом ВМС Франции к 2027 году будут иметь в боевом составе две мощные авианосно-ударные группы во главе с атомными авианосцами типа «Шарль де Голль».

7. Флот Великобритании к 2027 году будет насчитывать четыре новых *платб*, шесть многоцелевых атомных подводных лодок и два авианосца («Куин Элизабет» и «Принц оф Уэльс») – носителей палубных самолетов F 35B «Лайтнинг».

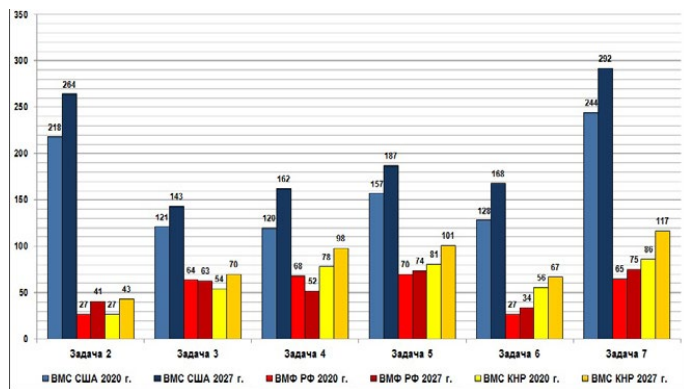


Рисунок 1 – Сравнительная диаграмма боевых возможностей военных флотов США, России и Китая по основным оперативным задачам в 2020 и 2027 годах

Все вышеуказанные данные подтверждают высокие темпы развития и существенный рост боевых возможностей флотов ведущих морских держав мира, большинство из которых к тому же являются потенциальными противниками Российской Федерации. В связи с тем, что Президент Российской Федерации на законодательном уровне (в Основах) утвердил задачу до 2030 года закрепить российский Военно-морской флот на втором месте в мире не по количественному составу, а по боевым возможностям¹, был выполнен сравнительный расчет боевых возможностей ВМФ России и ВМС основных морских держав мира в 2020 году и к 2027 году. Динамика изменений их боевых возможностей была оценена по следующим семи основным оперативным задачам:

первая – поражение наземных объектов стратегическим ядерным оружием;

вторая – поражение наземных объектов обычными средствами поражения (ВТО БД и палубной авиацией);

третья – поражение корабельных группировок (групп): АУГ, КУГ, ДесО, АДГ, Кон;

четвертая – поиск и уничтожение подводных лодок;

пятая – оборона морских коммуникаций и районов морской экономической деятельности;

шестая – высадка морских десантов;

седьмая – выполнение миротворческих (антитеррористических) задач и задач по разрешению вооруженных конфликтов в удаленных районах.

Результаты выполненных сравнительных расчетов боевых возможностей флотов показали, что при запланированных темпах строительства ВМФ России

по большинству оцененных задач теряет позицию второго флота в мире, пропуская вперед ВМС Китая. Исключение составляют морские стратегические ядерные силы Российской Федерации, которые по своему боевому потенциалу существенно превосходят группировки морских стратегических ядерных сил (МСЯС) Китая, Франции и Великобритании и уверенно занимают второе место в мире (после США).

Оценка достаточности морских сил общего назначения российского ВМФ, оснащенных ВТО БД, для стратегического неядерного сдерживания на различных стратегических направлениях, выполненная на основе анализа расчета боевых возможностей корабельных группировок морских стратегических неядерных сил², сформированных с учетом Государственной программы вооружения до 2027 года (ГПВ – 2027), позволила сделать следующие военно-стратегические выводы.

1. На Арктическом стратегическом направлении Северный флот составом только корабельной группировки сил, оснащенной ВТО БД, к 2027 году не обеспечивает нанесение неприемлемого ущерба США, за счет поражения требуемого количества критически важных наземных объектов, расположенных на Восточном побережье Америки. Как следствие, требуемый уровень решения задачи стратегического неядерного сдерживания только силами Северного флота главного геополитического и военного противника не решается. Уровень решения Северным флотом этой задачи при существующих темпах строительства подводных лодок и надводных кораблей составит не более 30-35%. При этом начиная с 2020 года Северный флот способен обеспечивать несение боевой службы атомными

¹ Боевые возможности ВМФ – это суммарная способность кораблей, подводных лодок, других сил (войск) флота при выполнении поставленной задачи наносить ущерб противнику. Рассчитывается по оперативным (тактическим) задачам на основании тактико-технических характеристик – индексов боевых возможностей сил и средств флотов.

² К морским стратегическим неядерным силам относятся подводные лодки и надводные корабли ВМФ, являющимися носителями ВТО БД морского базирования.

подводными ракетными крейсерами пр. 885 (885м) в Северной Атлантике. Это позволит создавать угрозу поражения критически важных объектов на территории США.

2. На Восточном стратегическом направлении Тихоокеанский флот составом запланированной группировки сил с ВТО БД, начиная с 2024 года, сможет обеспечить требуемый уровень решения задачи стратегического неядерного сдерживания США или любого другого противника в данном регионе. При этом Тихоокеанский флот с 2024 года будет способен обеспечить непрерывное боевое патрулирование подводных лодок с ВТО БД в районе боевого предназначения в мирное время с наращиванием сил боевой службы в период непосредственной угрозы агрессии.

3. На Западном стратегическом направлении Балтийский флот составом запланированной группировки, оснащенной ВТО БД, до 2027 года включительно сможет создавать угрозу поражения только отдельным критически важным экономическим, информационным и военным объектам стран НАТО в Восточной и Центральной Европе без возможности нанесения общего неприемлемого ущерба. Отсутствие кораблей океанской и дальней морской зон не позволит Балтийскому флоту полноценно участвовать в разрешении военных конфликтов и обеспечивать военно-морское присутствие кораблей с ВТО БД в стратегически важных районах Мирового океана, в том числе в Средиземном море.

4. На Юго-Западном стратегическом направлении Черноморский флот составом запланированной группировки, оснащенной ВТО БД, может создавать угрозу поражения критически важным экономическим, информационным и военным объектам стран НАТО в Восточной и Южной Европе с нанесением неприемлемого ущерба таким странам, как Турция, Болгария, Румыния. Кроме того, наличие кораблей дальней морской зоны с ВТО БД позволит Черноморскому флоту обеспечить постоянное военно-морское присутствие с

2019 года в Средиземном море составом 2-3, а к 2027 году – 4-5 надводных кораблей-носителей ВТО БД.

5. На Южном стратегическом направлении Каспийская флотилия составом группировки с ВТО БД способна в полном объеме обеспечить стратегическое неядерное сдерживание и национальные интересы России в регионе.

В целом можно заключить, что уменьшение состава кораблей океанской и дальней морской зон Северного флота (всего к 2027 году на флоте прогнозируется иметь 11 надводных кораблей и 6 многоцелевых подводных лодок) и их отсутствие в составе Балтийского флота не позволит ВМФ начиная с 2024 года содержать в Средиземном море на постоянной основе группировку морских неядерных сил сдерживания оперативного масштаба. Статья 38 Основ среди основных задач военно-морской деятельности определяет «обеспечение постоянного военно-морского присутствия Российской Федерации в Средиземном море и других стратегически важных районах Мирового океана, в том числе в районах прохождения основных транспортных коммуникаций».

Таким образом, запланированное до 2027 года развитие корабельного состава ведет к тому, что отечественный ВМФ по боевым возможностям (кроме МСЯС) может потерять позицию второго флота в мире и его место займут ВМС Китая. При этом возможности морских стратегических неядерных сил российского ВМФ по нанесению неприемлемого ущерба противнику нанесением ударов ВТО БД по их территории являются недостаточными и позволяют эффективно выполнять задачи только в локальном военном конфликте путем сосредоточения усилий всех флотов за счет межтеатрового маневра на одном стратегическом направлении.

Требование Президента Российской Федерации по поддержанию отечественного ВМФ на уровне второго флота в мире по боевым возможностям, изложенное в Основах, обуславливает целесообразность

и необходимость спланировать и внести в действующую ГПВ-2027 дополнительные меры. Они должны быть направлены на усиление ВМФ и его возможностей по стратегическому неядерному сдерживанию потенциальных противников на ряде стратегических направлений.

Что следует предпринять в первоочередном порядке, чтобы исправить складывающуюся негативную ситуацию?

Оперативно-стратегические расчеты показывают, что для обеспечения военной безопасности Российской Федерации с океанских и морских направлений (с учетом ядерного сдерживания), нанесения противнику неприемлемого ущерба (за счет поражения критически важных наземных объектов) ВТО БД морского базирования необходимо выполнение следующих требований:

1. в дальних морских и океанских зо-

нах на боевой службе должны непрерывно находиться не менее двух атомных подводных лодок с крылатыми ракетами большой дальности (КР БД);

2. в ближних и дальних морских зонах – не менее трех неатомных подводных лодок с КР БД и не менее шести многоцелевых кораблей с КР БД (корвет, фрегат, эсминец, крейсер);

3. дополнительно на каждом из флотов и Каспийской флотилии в боевом дежурстве в пунктах базирования должны находиться один-два надводных корабля или подводная лодка с КР БД.

Рассчитанный для выполнения этих стратегических требований необходимый количественный и качественный боевой состав морских стратегических неядерных сил флотов и Каспийской флотилии в период до 2027 года (вариант) представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Требуемые и планируемые корабельные составы морских стратегических неядерных сил ВМФ к 2027 году

Тип	Проект носителя	Всего	
		Требуемый	Планируемый
ПЛ	885	1	1
	885м	9	6
	949ам	6	1
	971м	6	3
	945ам	3	-
	677, 677м	16	5
	636.3	12	12
НК	такр пр.1143м	1	1
	таркр пр.11442м	3	2
	ркр пр.1164	3	3
	эм.н.пр.	8	4
	фр. пр. 22350	10	5
	бпк пр.1155м	9	7
	фр (скр) пр.1135.6, 11540	8	7
	крв пр.20385, 20380 патр.кор.(крв) пр.22800	13	25
	мрк пр. 21631	15	21

Указанный состав сил (при выполнении требований по их содержанию в установленной степени готовности) способен обеспечить ВМФ второе место в мире по боевым возможностям. Он также позволяет создавать в составе межвидовых группировок войск (сил) на всех стратегических направлениях адекватную угрозу потенциальным противникам в интересах гарантированного сдерживания крупномасштабной агрессии против Российской Федерации.

Опираясь на выполненные расчеты и долговременный прогноз развития военно-политической обстановки в мире, можно выделить следующие приоритеты развития корабельных сил ВМФ, которые наиболее приемлемы для нашего оборонного бюджета.

Первое. На данный момент основу ударных сил ВМФ составляют подводные лодки. К примеру, наибольшую угрозу территории США и ударным группировкам его ВМС несут российские атомные подводные лодки, вооруженные ВТО БД. Кроме того, только атомные подводные лодки способны прервать морские (океанские) торговые коммуникации потенциальных противников (США, европейских стран и Японии), которые в значительной степени зависят от морских перевозок.

В настоящее время в боевом составе ВМФ находится 27 многоцелевых атомных подводных лодок, из которых в строю лишь 12, остальные 15 – в ремонте, причем 5 из них в строй, вполне вероятно, могут не вернуться [7]. Поэтому в первую очередь необходимо увеличить темпы строительства подводных лодок пр. 885м, доведя их к 2027 году до десяти (вместо семи), а также до 2027 года подвергнуть модернизации шесть многоцелевых атомных подводных лодок пр. 949а (вместо планируемых двух), шесть – пр. 971 (вместо трех) и три – пр. 945а (все могут быть списаны).

Второе. Стратегически важным дополнением к атомному подводному флоту являются дизельные (неатомные) подводные лодки. Районами их действий являются

в основном прилегающие к побережью России моря. Скорость и непрерывное время нахождения под водой дизельных подводных лодок ниже, чем у атомных, но при этом значительно ниже шумность и стоимость постройки. При этом они могут нести ту же номенклатуру вооружений, что и атомные подводные лодки.

Из-за значительного (более чем в 10 раз) уменьшения на флотах дизельных подводных лодок в сравнении с советским периодом (в настоящее время в ВМФ в строю и на испытаниях находится всего 21 лодка, в ремонте – 3 [7]), ВМФ Российской Федерации утратил господство в подводной среде. Оно не в полной мере обеспечивается и в ближней морской зоне. Данное обстоятельство существенно влияет на боевую устойчивость ударных сил флотов, в том числе ракетных подводных лодок стратегического назначения Северного и Тихоокеанского флотов.

К сожалению, восполнить недостаточный состав дизельных подводных лодок за счет лодок пр. 636.3, фактически являющихся усовершенствованным вариантом лодок пр. 877, затруднительно (они проблеме не решат). Нужны принципиально новые подводные лодки с воздухозависимой энергетической установкой, или, в соответствии с новой терминологией, неатомные подводные лодки. Время непрерывного нахождения неатомных подводных лодок под водой в 5-7 раз превышает время обычных дизельных подводных лодок. Неатомные подводные лодки успешно строят и эксплуатируют уже более 10 лет Германия и Швеция. С 2015-2017 годов Япония, Южная Корея и Турция строят их на своих судостроительных верфях по лицензии Германии. С помощью специалистов Франции Пакистан приступает к их строительству в 2019 году. Следует в срочном порядке решить эту принципиально важную проблему – в кратчайшие сроки освоить на отечественных судостроительных верфях строительство неатомных подводных лодок.

Третье. Предлагаемые изменения в Кораблестроительную программу до 2050 года (в ГПВ – 2027) потребуют соответствующей корректуры оборонного заказа в сторону увеличения, касающегося морского подводного оружия. При этом потребуются дополнительно заказать: не менее 50 боекомплектов морского подводного оружия для подводных лодок (с учетом войсковых запасов и запасов центра), в том числе до 300 единиц противолодочного оружия; до 30 боекомплектов морского подводного оружия для надводных кораблей, в том числе 180 единиц противолодочного оружия.

Четвертое. Не вдаваясь далее подробно в структуру и количественный состав ВМФ, который должен быть сбалансированным и включать не только подводные силы, но другие рода сил и войск, определимся с ролью и местом авианосцев в составе нашего ВМФ.

Для мирового военно-морского экспертного сообщества положение о том, что каждая мировая держава должна иметь ударные (многоцелевые) авианосцы (*аву*), является аксиомой. Подтверждением этого является то, что сегодня все морские державы имеют и строят собственные авианосцы: США – 11 атомных *аву*, Китай – 2 *аву* и заложен третий – атомный, Франция – 2 атомных *аву*, один из них – в стадии завершения постройки, Англия – 2 *аву*, Индия – 1 *аву*. К 2020 году Южная Корея будет иметь один легкий авианосец, а к 2027 году Япония обзаведется двумя авианосцами.

Авианосцы являются важным инструментом в проведении внешней политики государства. Без них государство не может считаться полноправным субъектом межгосударственной политики. Их роль и место проявляется прежде всего в мирное время.

Создавая национальный авианосный флот, Российская Федерация решает следующие задачи:

- многократно повышает возможности

отечественного ВМФ при действиях по разрешению вооруженных конфликтов и в специальных операциях на удаленных территориях (в стратегически важных районах) Мирового океана;

- неограниченно обеспечивает силовое военно-морское присутствие в Мировом океане для обеспечения национальных интересов, демонстрации силы и решимости ее применения для разрешения возникающих международных конфликтов на ранних фазах их развития и стабилизации военно-политической обстановки, защиты торгового и рыболовского флотов;
- усиливает свое влияние в мире как великая держава. Наличие авианосцев дает возможность России распространять свое влияние на другие регионы мира;
- демонстрирует возможности отечественной кораблестроительной отрасли и повышает привлекательность российских морских вооружений для иностранных заказчиков;
- повышает идеологическое и психологическое воздействие на население страны. Развитие авианосного флота является одним из важнейших факторов, повышающих национальную гордость и патриотизм, а также имидж руководства страны.

Не только в мирное, но и в военное время авианосно-ударные группы способны эффективно решать ряд важных оперативных и оперативно-стратегических задач: участвовать в отражении ударов средств воздушного нападения противника с океанских и морских направлений, осуществлять воздушное прикрытие районов боевых действий группировок МСЯС и сил общего назначения, эффективно содействовать сухопутным войскам, действующим на приморских направлениях, поражать амфибийно-десантные силы противника на переходе морем и в районе высадки, а также осуществлять оперативное прикрытие

своих морских десантных сил (обеспечивать господство в районе высадки морского десанта).

Расчеты показывают, что нахождение авианосца в составе группировки прикрытия сил и войск Северного и Тихоокеанского флотов в региональной (крупномасштабной) войне повышает боевую устойчивость ракетных крейсеров стратегического назначения в безъядерный период на 40-60%, других корабельных сил – на 30-40%.

Поэтому наличие атомных авианосцев в составе двух наших океанских флотов (Северного и Тихоокеанского) позволит ВМФ эффективно участвовать в стратегическом сдерживании, адекватно реагировать и осуществлять быстрое наращивание сил в удаленные районы Мирового океана, откуда может исходить угроза национальным интересам и военной безопасности Российской Федерации.

В заключение следует еще раз подчеркнуть, что заявленное на самом высшем уровне положение о втором военном флоте мира по боевым возможностям требует в кратчайший срок принятия решений на приоритетный порядок воссоздания боевых возможностей отечественного ВМФ. Он должен обеспечить России совместно с другими видами и родами войск Вооруженных сил Российской Федерации лидирующее положение в мире и поддержание миропорядка, отвечающего нашим национальным интересам. Для этого необходимо внести соответствующие изменения в Государственную программу вооружения. В противном случае выполнение требований Основ государственной политики Российской Федерации в области военно-морской деятельности будет проблематичным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов А. Основные направления развития ВМС США в период до 2035 года / А. Антонов, О. Метров // Зарубеж.воен.обозрение.-2018.-№ 9.-С. 70-76.
2. Бережной О. Десантно-вертолетные корабли-доки типа «Токто» ВМС Республики Корея / О. Бережной, Р. Голядкин // Зарубеж.воен.обозрение.-2018.-№ 7.-С. 70-75.
3. Богданов Е. Надводные силы ВМС Франции / Е. Богданов // Зарубеж.воен.обозрение.-2016.-№ 1.-С. 75-78;
4. Богданов Е. Подводные силы ВМС Франции / Е. Богданов // Зарубеж.воен.обозрение.-2015.-№ 5.-С. 75-80.
5. Лычев В. Развитие подводных сил ВМС Республики Корея / В. Лычев, П. Щукин / Мор.сб.-2019.-№ 4.-С. 59-62.
6. Основы государственной политики Российской Федерации в области военно-морской деятельности на период до 2030 года [Электронный ресурс]: Указ Президента РФ от 20 июля 2017 года № 327. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».
7. Храмыхин, А.В. деле обороны морских рубежей России есть проблемы / А. Храмыхин // Незави-сим.воен.обозрение. - 2018. - 10 апреля.
8. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/ВМС_Великобритании (дата обращения: 23.09.2018).
9. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/ВМС_Китая (дата обращения: 23.09.2018).
10. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/ВМС_Республики_Корея (дата обращения: 23.09.2018).
11. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/флоты_России (дата обращения: 23.09.2018).
12. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/ВМС_Японии (дата обращения: 23.09.2018).

А.В. ДОБЫЧИН, к.т.н. А.С. КУЗЬМИН,
к.т.н. А.П. НИКИТИН, к.т.н. В.Г. РОДЧЕНКО

ОБОСНОВАНИЕ НЕОТЛОЖНЫХ МЕР ПРИ РАЗРАБОТКЕ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ АО «КОНЦЕРН «МПО - ГИДРОПРИБОР»

В статье на основе анализа наполнения целевого портфеля бизнес-направлений, составленного на ближайшую перспективу, показано, что Концерн в состоянии обеспечить себе приемлемый уровень существования с умеренно-поступательным характером развития только при условии гарантированного получения гособоронзаказа по минимально-необходимому уровню, определяемому принятой МО РФ концепцией развития МПО ВМФ, а также ГПВ 20-30.

Приведён ряд факторов, существенно искажающих реальную картину реализации целевого бизнес-портфеля Концерна. Показаны практически достигаемые уровни развития в случае непринятия мер по противодействию этим факторам. Предложены меры, реализация которых будет способствовать преодолению кризисных явлений и достижению стратегических целей.

В соответствии со Стратегией развития деятельность АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» в перспективе фокусируется на ключевых бизнес-направлениях, которые напрямую связаны с рынком кораблестроения и развиваются за счет этого рынка:

1. Бизнес-направление морского подводного оружия, которое включает производство торпедного, минного и противоминного оружия.
2. Бизнес-направление средств акустического противодействия.
3. Бизнес-направление автономных необитаемых подводных аппаратов.
4. Бизнес-направление источников питания.
5. Бизнес-направление судового двигателестроения.
6. Бизнес-направление других военных и гражданских средств.

Рыночная (маркетинговая) стратегия обуславливает требование равнопрочной ориентации продукции Концерна для оперирования в первых четырех бизнес-направлениях как на внутреннем, так и на глобальном мировом рынке. В бизнес-направлениях 5 и 6 будет преобладать преимущественная ориентация на внутренний рынок.

В номенклатуру изготавливаемой продукции включено производство изделий 2534, 2503-III, 3006M, 3004, 392M2, 3028, 3039, 3068, 2547, 260, 391, 378, 354, тралов, изделия «Маяк», «Яшма» и пр. Практически все они включены в комплексную целевую программу развития МПО до 2025 года (КЦП МПО), разработанную в ходе выполнения НИР «Обоснование 2025».

В рамках производства морского подводного оружия Концерн выпускает:

- торпедное оружие в части тепловых и электрических торпед калибров 533 мм и 324 мм;
- средства самообороны НК и ПЛ в части самоходных и дрейфующих средств гидроакустического подавления (противодействия) (СГПД);
- минное оружие (МОр) в части минно-торпедных и минно-ракетных комплексов, реактивно-всплывающих мин и донных мин;
- противоминное оружие (ПМОр) в части контактных (КТ) и неконтактных тралов (НТ) и тралов-имитаторов физических полей (ТИ), взрывных средств уничтожения мин (шнуровых зарядов (ШЗ) и одноразовых (расходных) НПА – снарядов-уничтожителей мин (СУМ),

- самоходных телеуправляемых искателей-уничтожителей мин (СТИУМ), гидролокаторов бокового обзора (ГБО);
- подводное противодиверсионное оружие (ППДО) в части коллективных средств доставки сил спецопераций;
- сопровождение ранее поставленных образцов продукции.

В рамках производства подводно-технических средств военного, гражданского назначения и изделий двойного назначения Концерн выпускает:

- специальную подводную технику для Главного управления глубоководных исследований МО РФ;
- гидроакустические средства освещения подводной обстановки;
- морскую подводную робототехнику в части автономных (АНПА) и телеуправляемых (ТНПА) необитаемых подводных аппаратов различного назначения, средства контроля трубопроводов;
- подводно-технические средства для картографирования морского дна, гидрографического, гидрологического и геологического исследования и разведки полезных ископаемых на шельфе и в глубоководных районах Мирового океана;
- системы охраны морских районов и объектов в подводной среде;
- морские подводные станции и их составляющие различного назначения, включая экологические, гидроакустические буи;
- средства поиска, обследования и подъема подводных объектов для проведения аварийно-спасательных и подводно-технических работ;
- средства поиска и спасения людей, терпящих бедствие на море;
- источники электроэнергии для различных областей применения;

- информационно-диагностические системы различного назначения;
- специализированное оборудование для технического обслуживания, ремонта и проверки различных подводно-технических средств;
- сопровождение ранее поставленных образцов продукции («Камбала» и пр.);
- учебно-тренировочные образцы всей производимой техники.

Ожидаемые результаты реализации целевого портфеля бизнес-направлений, приведенные на рисунках 1 и 2, справедливы при условии, что Концерн будет регулярно получать гозоронзаказ по минимально-допустимому варианту, что обеспечит ему достаточный приемлемый уровень существования при умеренном поступательном характере развития.

В реальности существует ряд факторов, которые могут существенно исказить реальную картину реализации практически всех бизнес-направлений.

К таким факторам, обуславливающим нарастающую неустойчивость финансово-экономического состояния Концерна, следует отнести:

- недостаточность мер по обеспечению конкурентоспособности продукции предприятий Концерна, в том числе за счет повышения качества и надежности, снижения себестоимости, а также организации эффективной системы сервисного обслуживания и ремонта;
- неопределенность источников ресурсного обеспечения реализации основных стратегических мероприятий;
- усиление ряда неблагоприятных условий функционирования Концерна;
- критическое по назначенному сроку службы состояние боезапаса средств МПО на флоте при резком уменьшении количества носителей.

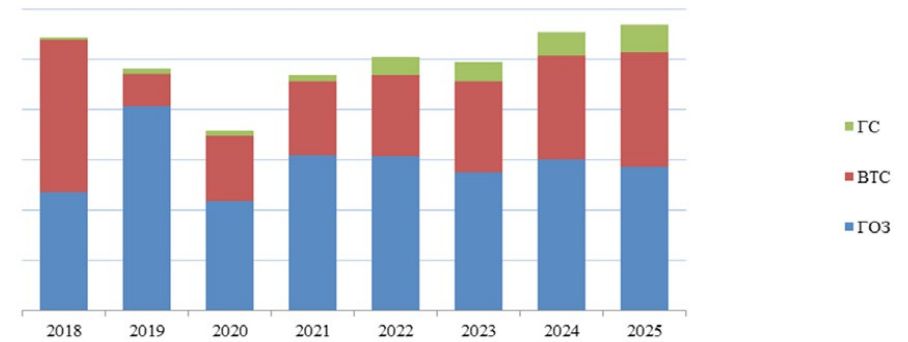


Рисунок 1 - Структура выручки Концерна по сегментам, млн руб.

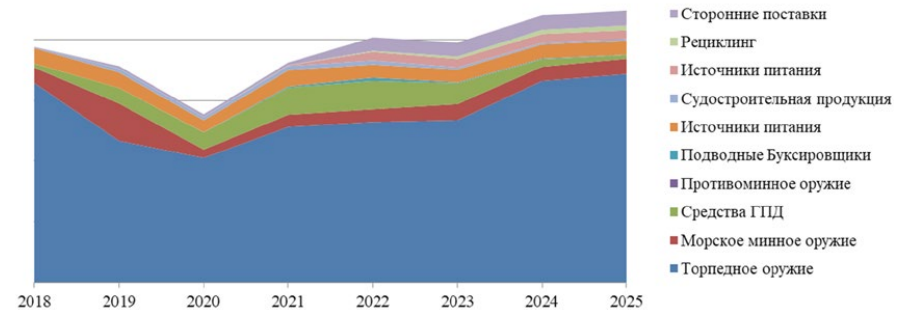


Рисунок 2 - Структура выручки Концерна по продуктовым направлениям, млн руб.

Основными факторами возникновения неблагоприятных условий являются:

- отсутствие достаточного уровня финансирования принятой МО РФ концепции развития МПО ВМФ;
- отсутствие у МО РФ средств для заказа промышленности модернизированных и вновь разрабатываемых образцов оружия, особенно тактического, развертывания производства нового оружия и накопления потребного боезапаса;
- отсутствие оборудованных полигонов для проведения натурных морских испытаний МПО;
- полная или частичная потеря производственных мощностей предприятий-исполнителей и (или) их устаревание;
- нестабильность кооперации разработчиков и производителей МПО;

- необходимость проведения мероприятий по импортозамещению для производства отдельных элементов и составных частей средств МПО, производимых предприятиями ближнего зарубежья;
- утрата носителей знаний и информации, увеличивающийся разрыв между носителями знаний и обладателями компетенций из-за отсутствия объектов обмена опытом (разрабатываемых проектов).

Обоснование мер по локализации внешних и внутренних неблагоприятных факторов развития целесообразно начать с анализа реальности получения и выполнения портфеля заказов, представленного в Стратегии, по всем возможным бизнес-направлениям Концерна.

ГНЦ Концерн «МПО – Гидроприбор», как правопреемник ЦНИИ «Гидроприбор», является единственным предприятием, обеспечивающим выполнение полного цикла работ – от фундаментальных и прикладных исследований, проектно-конструкторских и технологических работ до изготовления, лабораторно-стендовых и натуральных испытаний макетных, экспериментальных и опытных образцов МПО и передачи их в серийное производство и авторского сопровождения. Все остальные предприятия так или иначе привлекают в своей работе подразделения нашего ГНЦ или производственные предприятия Концерна.

Основой существования всех научных и научно-производственных структур является непрерывность в проведении работ. Для КБ или НИИ – это непрерывность в проведении НИОКР, для производств – объем и длительность заказов и поставок.

Непрерывность определяет и следующие цели:

- развитие военно-прикладных наук в части обоснования направлений развития средств вооруженной борьбы, поддержание и развитие научных и научно-производственных школ и коллективов военно-технического образования;
- развитие направлений, обеспечивающих непосредственное создание новых и модернизацию серийных образцов военно-морской и специальной техники (выявление истинного облика отечественных и иностранных образцов МПО, направлений их развития и исследований, а также обеспечение создания новых видов и типов морского подводного оружия и вооружения, научно-техническое обоснование возможностей реализации ТТЗ на ОКР по разработке и модернизации МПО);
- определение векторов (направлений) производственно-технологического развития, обеспечивающих создание новых, а также поддержание и модер-

низацию действующих технологий и производств.

Разрыв в проведении НИОКР в 3-5 лет (а тем более в 10 лет) неизбежно приводит не только к дальнейшему отставанию от зарубежного уровня, но и к возможной потере научных и научно-производственных школ, что чревато серьезными последствиями для обороноспособности государства.

Отсутствие долгосрочного планирования количественного производства оружия (на 5-10 лет вперед и более), не подкрепленного гарантиями на его заказ со стороны государства в лице МО РФ, требует от предприятий ОПК (производителей МПО) принятия решений с недопустимо высокой степенью риска при технологическом перевооружении производства и развитии производственных мощностей. Так, строительство новых производственных мощностей под производство средств МПО малого калибра («Модуль», «Кортик») в случае отказа от их заказов окажется неустраиваемым, а заказов на другие изделия такого класса до настоящего времени не предвидится.

В настоящее время достигнут определенный паритет в тактико-технических характеристиках и возможностях МПО между аналогами ВМФ РФ и другими ведущими морскими державами.

Результаты оценки текущего и прогнозного уровней конкурентоспособности технологий изготовления конечной продукции МПО Концерна по сравнению с лучшими образцами зарубежных фирм приведены на рисунках ниже.

Разработанные в рамках НИР «Обоснование 2025» предложения по направлениям развития МПО ВМФ и оснащению им носителей ВМФ на среднесрочную перспективу основаны на реализации мероприятий по развитию МПО, заложенных Концерном в проекты ГПВ-2025 и Комплексной целевой программы развития МПО до 2025 года и дальнейшую перспективу (далее – КЦП МПО).

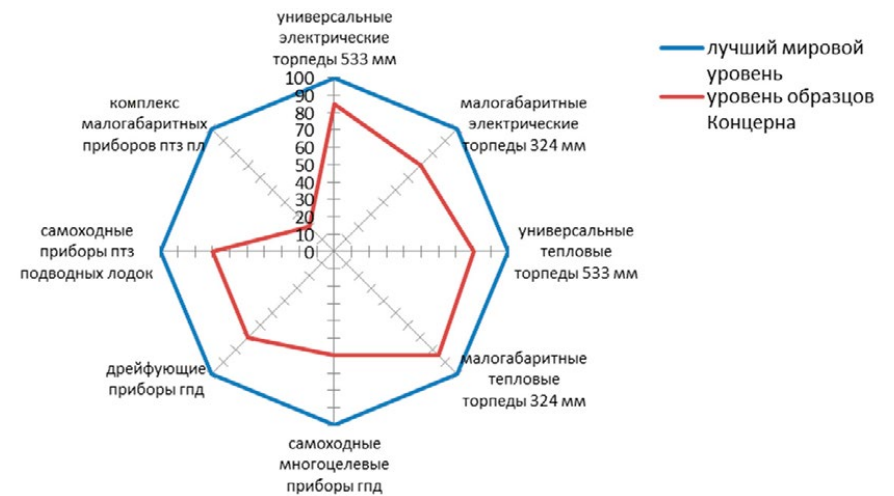


Рисунок 3 - Оценка текущего уровня конкурентоспособности торпед и средств гидроакустического противодействия Концерна

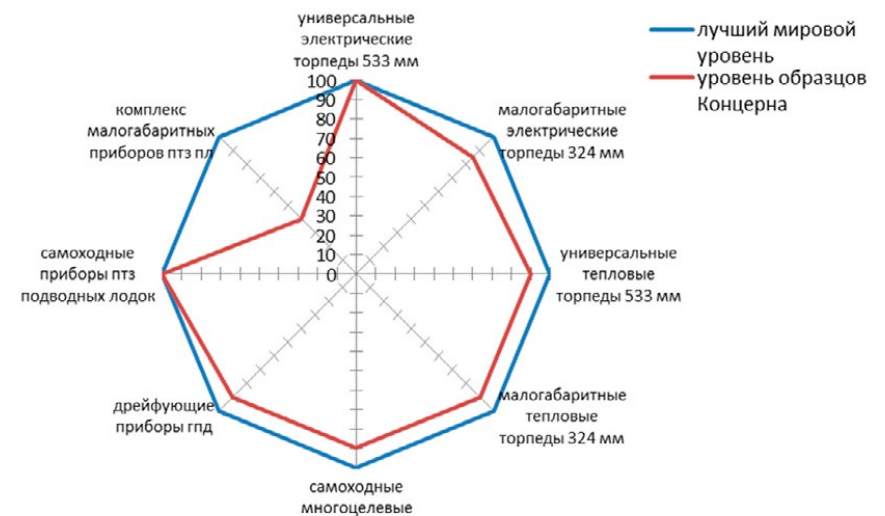


Рисунок 4 - Оценка прогнозного уровня конкурентоспособности торпед и средств гидроакустического противодействия Концерна

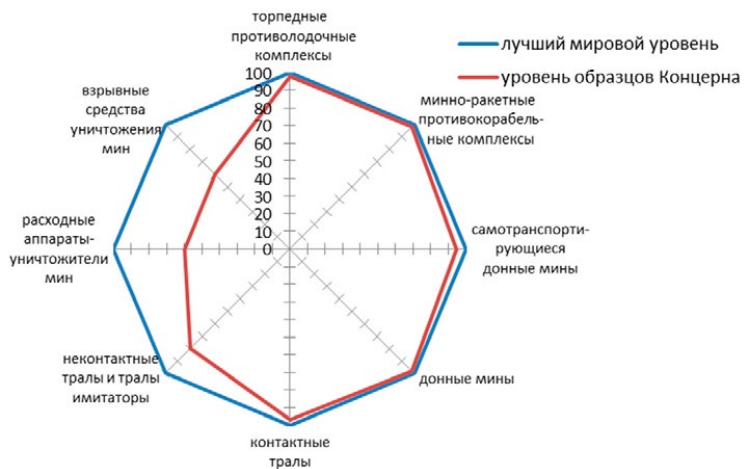


Рисунок 5 - Оценка текущего уровня конкурентоспособности минных и противоминных средств Концерна

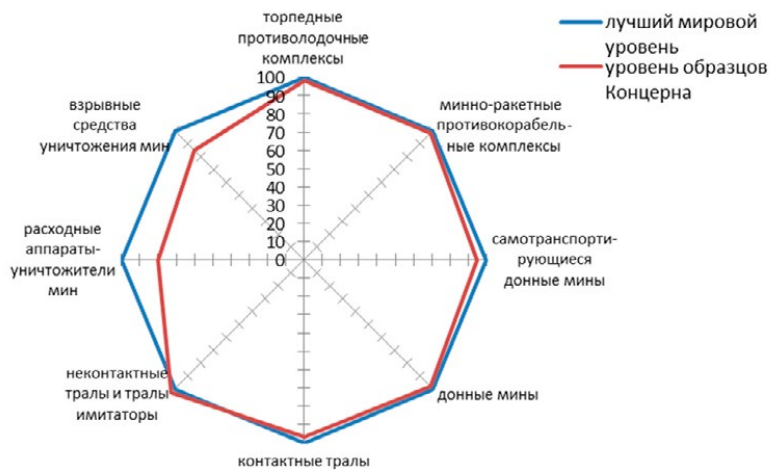


Рисунок 6 - Оценка прогнозного уровня конкурентоспособности минных и противоминных средств Концерна

Перечень и объем представленных предложений соответствует минимально-необходимому уровню развития МПО, что обеспечивает Концерну лишь поддержание научной школы и минимальной производственной сферы.

Реальное положение во всех рассмотренных стратегических бизнес-направ-

лениях также не внушает оптимизма, поскольку к настоящему времени практически отсутствует (почти утрачен) реальный опыт проведения проектно-конструкторских работ по ряду из них.

Итоговые данные по всем видам морского подводного оружия, планируемого Концерном к разработке и производству на

период до 2025 года в случае реализации варианта умеренно оптимистического сценария развития, приведены на рисунке 7.

Следует отметить, что значительная часть предложений Концерна не согласована с заказывающими организациями ВМФ и МО РФ и вероятность того, что эти предложения будут приняты ими к включению в гособоронзаказ (ГОЗ), достаточно низка. По мнению экспертов из числа специалистов Концерна, вероятность получения заказов не будет превышать 0,3, что приведет к тому, что в действительности объем заказов будет существенно меньше. Соответ-

ственно, итоговая таблица будет выглядеть значительно скромнее, а значения основных показателей финансово-экономической деятельности, такие как объем выручки, прибыль, производительность труда, коэффициент рентабельности собственного капитала, а также размер выплаченных дивидендов будут значительно ниже определенных Стратегией развития, что в итоге, если не принять необходимых мер, неизбежно может привести к банкротству Концерна со всеми вытекающими последствиями.



Рисунок 7 - Планируемый объем и структура заказов до 2025 года, млрд руб.

Если учесть то обстоятельство, что вероятность реализации планов по объему выручки в более поздние сроки (2020-2025 гг.) будет еще ниже, то неизбежность банкротства может наступить еще раньше. Следовательно, планирование и проведе-

ние мероприятий по повышению объемов выручки за счет продаж по линии ВТС и выпуска гражданской продукции становится еще более актуальной в настоящее время.

При этом работу с заказчиками военной продукции всех рангов необходимо проводить на качественно новом уровне, обеспечивающем требуемые объемы заказов.

К числу мер, реализация которых должна быть выполнена в кратчайшие сроки, необходимо отнести:

- реализацию принципов «проектного» управления основной сферой деятельности Концерна по приведенным выше проектам на основе цифровых технологий;
- развитие взаимодействия между руководством Концерна и заказывающими органами ВМФ и МО РФ в плане доведения до них возможностей Концерна и уточнения объема заказов (организация и проведение на базе Концерна заседаний с Главкомом ВМФ и прием согласованных с ним обращений к руководству МО РФ);
- расширение ниши Концерна на внешнем рынке за счет интенсификации работ по переходу на стандарты НАТО. В качестве примера можно привести вариант модернизации торпеды СЭТ-65 путем замены серебряно-цинковой батареи А-187М на медно-магниевою батарею с существенно меньшей длиной. Батарея может работать в любых районах Мирового океана, а её меньшая длина позволяет уменьшить длину торпеды до требуемых стандартами НАТО 6 метров. В совокупности с модернизированной ГСН это позволит получить новый образец торпеды, по эффективности превосходящий исходный образец;
- проведение инвентаризации имеющегося научно-технического и конструкторско-технологического задела с отбором наиболее востребованных практикой применения образцов МПО и морской гражданской техники;
- воссоединение в практике выполнения проектов многолетнего опыта носителей знаний информации с возможно-

стями вновь пришедших на предприятие обладателей компетенций на основе широкого применения цифровых технологий в проектировании, производстве и испытаниях;

- существенное расширение функций и полномочий научно-технического совета в плане рассмотрения и определения приоритетов выполнения проектов
- организацию тесного взаимодействия с АО «ГНПП «Регион» на базе решений, принимаемых руководством Министерства промышленности и торговли и КТРВ, в плане перехода от конкурентного противостояния к проведению совместных работ по выполнению проектов с учетом опыта наработок и практики их реализации;
- организацию и проведение маркетинговых исследований по сбыту продукции Концерна, произведенной в рамках технологических платформ в интересах предприятий газонефтедобычи и транспортировки углеводородов, предприятий «Водоканала», органов МЧС, ФСБ, Министерства природных ресурсов, а также отработку и реализацию принципиально новых схем финансирования Концерна при проведении ОКР;
- создание и развитие широкой сети сервисного обслуживания выпускаемой продукции как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

ВЫВОДЫ

В связи с возможным в ближайшем времени сокращением объемов финансирования ГОЗ крайне необходимо:

1. Осуществлять финансирование производства подводных технических средств (ПТС) гражданского и двойного назначения как из собственных средств, так и за счет бюджета потенциальных заказчиков таких ПТС, а не по остаточному принципу, как это делается сейчас. При проведении ОКР по их разработке возможно применение схемы кредитного финансирования со

стороны банков под гарантии заказчика на приобретение готовых изделий.

2. Создать в Концерне службу маркетинга, способную реализовать уже имеющиеся наработки и образцы ПТС и технологии, разработанные в последнее время.

3. Начать подготовку и внедрение цифровых технологий в проектирование, производство и виртуальные испытания изделий по всей номенклатуре продуктовой линейки.

Анализ данных по объемам и структуре выручки от реализации продукции, представленный на рисунках 1, 2 и 7, показывает:

1. Устойчивость финансово-экономического состояния Интегрированной структуры (ИС) Концерна во многом определяется стабильностью получения объемов ГОЗ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конверсия или смерть. // Курьер ВПК – №18(628) – 17-23 мая 2017 г.
2. Долгосрочная программа развития Интегрированной структуры ОАО «Концерн «МПО – Гидроприбор» до 2025 года (Актуализированная версия по состоянию на 01 октября 2016 г.) Книги 1, 2.
3. Стратегия развития АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор» до 2025 года.

Реальные объемы ГОЗ могут в значительной степени отличаться от предусмотренных предложений Концерна в ГП 2025 года (на 70% и меньше).

2. Реализация предложенных антикризисных мероприятий позволит сохранить объем выручки от реализации продукции на безопасном для ИС Концерна уровне за счет расширения объемов выпускаемой продукции по линии ВТС, а также гражданской продукции.

3. Развитие маркетинговых исследований рынка по выпуску военной техники на внешний рынок, а также гражданской продукции на внутренний рынок является крайне необходимым для предприятия ОПК на современном этапе его существования.

АКТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ВНУТРЕННЕГО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ

В статье представлена модель с обоснованием интеграции (объединения) функций внутреннего контроля и управления рисками в компетенции соответствующего департамента предприятия (далее - Департамент).

В настоящее время многие крупные предприятия, особенно с государственным участием, при разработке своих оригинальных моделей систем внутреннего контроля (далее - ВК) и управления рисками (далее - УР) используют соответствующую концепцию COSO (Комитет спонсорских организаций (комиссии Тредвэя) - The Committee of Sponsoring Organizations (of the Treadway Commission), США).

Согласно данной концепции, основной целью ВК и УР является получение разумной уверенности в том, что предприятие достигнет поставленных целей наиболее эффективным способом, предупреждение рисков в финансово-хозяйственной деятельности и своевременное принятие мер по их устранению.

Как правило, тактические и стратегические цели отражаются в соответствующих проектах, бизнес-планах, бюджетах, планах стратегии развития и т.п. (далее - Планы) как отдельных подразделений (процессов), так и предприятия в целом.

Разработку, мониторинг и текущий внутренний контроль реализации вышеуказанных Планов, в том числе соблюдения регламентов и стандартов бизнес-процессов, осуществляют соответствующие структурные подразделения или дочерние предприятия.

Таким образом, одной из основных функций Департамента является мониторинг и оценка эффективности данных Планов и процессов с предварительной разработкой, согласованием и утверждением соответствующих критериев.

Например, для отдельных Планов или процессов в качестве критерия эффек-

тивности может использоваться так называемая степень достижения установленных целей рентабельным способом, где рентабельность - использование финансовых, человеческих и материальных ресурсов таким способом, который позволит максимизировать результат от установленного количества ресурсов либо минимизировать количество ресурсов для установленного количества и качества результатов.

В процессе данного мониторинга и оценки эффективности непосредственно определяются причины и следствия соответствующих отклонений, то есть идентифицируются существующие проблемы и потенциальные риски.

В данном случае так называемый комплаенс (проверка постфактум соответствия деятельности действующему законодательству и внутренним нормативным документам) является не самоцелью ВК, а лишь одним из инструментов определения вышеуказанных причин и следствий проблем и рисков.

Например, при оценке реализации инвестиционно-строительного проекта предприятия-заказчика основной целью ВК является оценка эффективности инвестиций, а не выявление нарушений и/или ошибок при оформлении соответствующей документации при оплате строительно-монтажных работ. Данные нарушения могут являться лишь одной из причин снижения эффективности и входят в компетенцию службы экономической безопасности, а не Департамента предприятия.

Таким образом, другой, не менее важной функцией в компетенции Департамента с целью повышения эффективности/рента-

бельности является минимизация рисков. Также необходимо отметить, что, согласно концепции COSO, внутренний контроль должен иметь риск-ориентированный характер. То есть ВК вторичен относительно УР (как, например, автомобиль относительно дорог) и является лишь инструментом УР.

Кроме того, соответствующая Программа УР может и должна использоваться как основа не только для осуществления ВК, но и для разработки соответствующих разделов риск-менеджмента в составе Стратегии развития интегрированной структуры

предприятия, соответствующих проектов, бизнес-планов, ТЭО, финансовых моделей, бюджетирования, оценки платежеспособности, кредитоспособности и т.п., а также для осуществления риск-ориентированных менеджмента качества, экономической безопасности и корпоративного мониторинга.

В итоге организационно-функциональная структура системы ВК и УР с учетом трех уровней защиты согласно концепции COSO может быть представлена прилагаемой ниже схемой и таблицей.



Субъект/участник системы	Функции	Обозначение на схеме
Структурные подразделения и дочерние предприятия	Разработка, мониторинг и контроль соответствующих Планов, процессов, регламентов, стандартов и отчетной информации	1
Департамент внутреннего контроля и управления рисками (ДВКиУР)	1. Консалтинг. 2. Разработка соответствующих критериев эффективности. 3. Мониторинг и оценка эффективности соответствующих Планов и процессов. 4. Разработка, мониторинг и контроль интегрированной Программы управления рисками. 5. Оценка эффективности системы в целом.	2
Независимый аудит при Совете директоров	Аудит и оценка деятельности ДВКиУР	3

ВЫВОДЫ

Актуальность интеграции (объединения) ВК и УР в компетенции соответствующего Департамента обуславливается логической последовательностью и взаимосвязанностью данных функций (процесов) с обеспечением основной цели системы

- получение разумной уверенности в том, что предприятие достигнет поставленных целей наиболее эффективным способом, предупреждение рисков в финансово-хозяйственной деятельности и своевременное принятие мер по их устранению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гражданский кодекс Российской Федерации, часть вторая, № 14-ФЗ от 22.12.1995.
2. Федеральный закон «Об акционерных обществах» от 26.12.1995. № 208-ФЗ.
3. Поручение Правительства РФ от 23.03.2015. № ИШ-П13-1818.
4. Концепция COSO «Интегрированная концепция внутреннего контроля» (2013 г.) Комитета спонсорских организаций Комиссии Тредвея.
5. Концепция COSO-ERM «Управление рисками организаций. Интегрированная модель» (2004 г.) Комитета спонсорских организаций Комиссии Тредвея.
6. ISO31000 – стандарт Международной организации по стандартизации «Менеджмент риска. Принципы и руководство».
7. ГОСТ Р ИСО 31000:2010. Менеджмент риска. Принципы и руководство (утвержден и введен в действие приказом Росстандарта от 21.12.2010. № 883-ст).
8. Стандарты управления рисками Федерации европейских ассоциаций риск-менеджеров (FERMA).
9. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Национальный стандарт Российской Федерации. Системы менеджмента качества. Требования (утв. Приказом Росстандарта от 28.09.2015. № 1391-ст).
10. ГОСТ Р ИСО 19011-2012. Национальный стандарт Российской Федерации. Руководящие указания по аудиту систем менеджмента.
11. Терюхов В.Е. Риск-анализ инвестиционного проекта // Управление риском. 2002. № 3.
12. Терюхов В.Е. Современный подход к управлению рисками при оценке бизнеса и платежеспособности заемщика // Финансы. 2010. № 3.
13. Терюхов В.Е. Актуальность и практика решения отдельных проблем управления рисками // Подводное морское оружие. 2018. № 3 (40).

**ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО
ГНЦ АО «КОНЦЕРН «МПО-ГИДРОПРИБОР»
С ЗАРУБЕЖНЫМИ СТРАНАМИ**

В статье на основе данных по экспортным поставкам минно-торпедного оружия представлены обобщенные предложения по совершенствованию военно-технического сотрудничества.

ВВЕДЕНИЕ

Военно-техническое сотрудничество (ВТС) является одним из направлений внешней политики государства, направленным на поддержание и укрепление политических, экономических и военных интересов в различных регионах мира. Поставка или закупка продукции военного назначения является наиболее распространенным видом ВТС.

Формированием политики государства в этой области занимается Федеральная служба ВТС (ФСВТС), которая выдает лицензии на экспорт и импорт продукции военного назначения (ПВН), участвует в подготовке международных договоров, переговоров, в организации международных выставок. В настоящее время на мировом рынке ПВН Российскую Федерацию представляют государственный посредник АО «Рособоронэкспорт» и организационно-разработчики и производители ПВН, которым предоставлено право внешнеторговой деятельности в отношении ПВН [1].

АО «Рособоронэкспорт» организует маркетинговые мероприятия по продвижению отечественной ПВН на мировом рынке, проводит переговоры с потенциальными заказчиками, в том числе с привлечением разработчиков и изготовителей ПВН, заключает контракты на поставку ПВН и предоставление услуг иностранным заказчикам, договоры комиссии с отечественными предприятиями на изготовление заказанной ПВН и ее отгрузку в установленные сроки, а также мероприятия, предусмотренные Федеральным законом от 19.07.1998 г.

№ 114-ФЗ «О военно-техническом сотрудничестве РФ с иностранными государствами» [2].

Исторически экспорт военно-морской техники всегда составлял существенную составляющую экспортного портфеля. Отметим, что при оформлении экспортных контрактов на поставку боевых кораблей (надводных кораблей, подводных лодок и других плавсредств), минно-торпедное оружие, указанное в реестре вооружения и технических средств данного корабля, поставляется по отдельному контракту. В ведомостях поставляемой продукции, помимо боевых образцов торпедного и минного оружия, включаются практические (учебно-тренировочные) изделия, запасные части, инструменты и принадлежности (ЗИП), оборудование для приготовления и ремонта изделий, а также техническая и учебная документация. Данный порядок и объем заказываемого имущества определяет ориентировочные сроки повторного обращения к поставщику для заказа востребованного имущества в интересах поддержания в заданной технической готовности приобретенной партии образцов оружия.

**1 АНАЛИЗ КОРАБЕЛЬНОГО
СОСТАВА, ПРИОБРЕТЕННОГО
ИНОЗАКАЗЧИКАМИ
В СССР И РФ, И ЕГО
ОБЕСПЕЧЕННОСТИ МПО**

Экспорт военно-морской техники в СССР, а позже в РФ занимает одно из ведущих мест в общем балансе экспортных

поставок ПВН. Основными покупателями военно-морской техники являются Республика Индия, Китайская Народная Республика (КНР), Социалистическая Республика Вьетнам (СРВ), Алжирская Народная Демократическая Республика (АНДР), Исламская Республика Иран (ИР Иран), Арабская Республика Египет (АР Египет).

1.1 ВМС Республики Индии

В течение длительного времени Республика Индия приобретает в СССР, а затем в РФ крупные надводные корабли и подводные лодки, что позволяет реализовать концепцию создания океанского флота. Данные по корабельному составу ВМС Индии [4] приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Корабельный состав ВМС Республики Индии

№ п/п	Тип, проект корабля	Наименование, такт. номер	Дата включения в состав	Состояние	Примечание
I. Подводные лодки					
1	Атомные ПЛ пр. 971	INS «Чакра» S71	23.01.2012	В строю	- новые ТА Ø 533 мм с электрическим вводом данных - БИУС «Омнибус-Э» - торпеды ТЭ-2-02
2	Дизельные ПЛ пр. 877ЭКМ	- INS «Синдугош» S-55 - INS «Синдудвадж» S-56 - INS «Синдурадж» S-57 - INS «Синдувир» S-58 - INS «Синду-ратна» S-59 - INS «Синдукесари» S-60 - INS «Синдукирти» S-61 - INS «Синдувиджай» S-62 - INS «Синдушастра» S-65	30.04.1986 12.06.1984 12.10.1987 26.08.1988 22.12.1988 12.02.1989 04.01.1990 08.03.1991 19.07.2000	В строю В строю В строю В строю В строю В строю В строю В строю В строю	- автоматизированный комплекс вооружения - шесть носовых ТА Ø 533 мм с электрическим и механическим вводами стрелковых данных - общий запас 18 торпед или 24 донных мин - БИУС «Узел-Э» - торпеды: • СЭТ-65 Э • СЭТ-65 КМ • 53-65 КЭ • ТЭСТ-71 МЭ
II. Надводные корабли					
3	Большой противолодочный корабль пр. 61МЭ	- INS «Раджпут» D-51 - INS «Рана» D-52 - INS «Ранджит» D-53 - INS «Ранвир» D-54 - INS «Ранвиджай» D-55	13.09.1980 28.06.1982 24.11.1983 28.10.1986 15.01.1988	В строю В строю В строю В строю В строю	- один пятитрубный ТА Ø 533 мм (ПТА-53-61) - СУО «Пурга» - торпеды: • СЭТ-65 Э • СЭТ-65 ЭМ • 53-65 КЭ

№ п/п	Тип, проект корабля	Наименование, такт. номер	Дата включения в состав	Состояние	Примечание
4	Эсминец «ДЕЛИ» (Построен СЗ Индии с привлечением СПКБ г. Санкт-Петербург)	- INS «Дели» D-61 - INS «Майсур» D-62 - INS «Мумбай» D-63	1999 2000 2001	В строю В строю В строю	- один пятитрубный ТА Ø 533 мм (ПТА-53-61) - СУО «Пурга» - торпеды: • СЭТ-65 ЭМ • 53-65 КЭ
5	Фрегат типа «Тальвар» пр. 1135.6	- INS «Тальвар» F-40 - INS «Тришул» F-43 - INS «Табар» F-44 - INS «Тэг» F-45 - INS «Таркаш» F-46 - INS «Триканд» F-50	18.06.2003 25.06.2003 19.04.2004 27.04.2012 09.11.2012 29.06.2013	В строю В строю В строю В строю В строю В строю	- два двухтрубных ТА Ø 533 мм (ДТА-53-11356) - СУО «Пурга-11356» - торпеды: • СЭТ-65 ЭМ • 53-65 КЭ

Примечания:

1. В ближайшее время БПК пр. 61МЭ планируется к выводу из боевого состава ВМС Индии.
2. Фрегаты типа «Тальвар» пр. 1135.6 планируется эксплуатировать около 30 лет.



Международный военно-морской салон в 2017 году

Для вооружения кораблей, приобретенных в СССР и РФ, были заключены контракты на поставку торпедного оружия.

Информация по контрактам (договорам комиссии), срокам и поставляемому имуществу [5] приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Контракты на поставку торпедного оружия ВМС Республики Индии

№ п/п	Наименование имущества	Изготовитель	Сроки поставки (года)	Контракт, договор комиссии	Примечание
1	Торпеда СЭТ-65 Э	Из наличия	1980 – 1988	Поставки с НК пр. 61 МЭ	Ориентировочно: - 25 ед. (осн.) - 5 ед. (практ.)
2	Торпеда СЭТ-65 КЭ	ТНК «Дастан», г. Бишкек	1980 – 1988	После модернизации	- 36 ед. осн.+практ. - 14 ед. осн.+практ. - 8 ед. осн.+практ. - осн. ЗИП, рем. ЗИП, оборудование для пригот-вления, тех. док.
3	Торпеда 53-65 КЭ	АО «Завод «Двигатель», г. Санкт-Петербург	2006 2011 2012	PB/935612141008-911588 PB/035612141029-111164 PB/035612141031-111168	- 4 ед. (осн.) - 1 ед. (осн.) - 2 ед. (осн.) - 2 ед. (осн.)
4	Торпеда 53-65 КЭ	«Завод машиностроения», г. Алма-Ата	1999 2000 2001 2002	Планировалась поставка	Подтверждения нет
5	Торпеда ТЭСТ-71 МЭ	АО «Завод «Двигатель», г. Санкт-Петербург	1999 2000 2001 2002		- 4 ед. (осн.) - 2 ед. (осн.) - 2 ед. (осн.) - 2 ед. (осн.)
6	Торпеда ТЭ-2-02		2007 2009 2011 2012	P/3355612323410-312957 от 2004 г. P235612321553-413185 от 2004 г. P/435612321204-413189 от 2004 г. P/135612321005-314744 от 2004 г.	- ремонтно-техническая документация - эксплуатация оборудования, монтаж - ремонт ЗИП - 20 ед. (осн.) - 4 ед. (практ.) - 1 ед. груп. ЗИП
7	Самоходный многоцелевой прибор ГПД МГ-74 МЭ мод. 1	АО «Концерн «МПО – Гидроприбор», г. Санкт-Петербург	2007 2009 2009 2011 2012	P/3355612323410-312957 от 2004 г. P/235612321533 от 2004 г. P/235612321535 от 2004 г. P/435612321204-413189 от 2004 г. P/135612321005-314744 от 2004 г.	- 1 к-т рем.-тех. док-и для среднего ремонта - 1 к-т экпл. оборудования для приготовления - 1 к-т монтаж. инструмента для приготовления - 1 к-т экпл. оборудования для приготовления - 1 к-т монтаж. инструмента для ср. ремонта - 2 к-та рем. ЗИП для среднего ремонта - 10 ед. пр. МГ-74 МЭ (осн.) - 3 ед. пр. МГ-74 МЭ (практ.)

1.2 ВМС Китайской Народной Республики

В конце 20 века Китай приступил к реализации океанской концепции развития своих ВМС, что и определило интерес к ко-

Таблица 3 – Корабельный состав ВМС КНР

№ п/п	Тип, проект корабля	Наименование, такт. номер	Дата включения в состав	Состояние	Примечание
I. Дизельные подводные лодки					
1	Проект 877 ЭКМ	- 64 НАО - 65 НАО	1994 1995	В строю В строю	- 6 носовых ТА Ø 533 мм - БИУС «Узел-Э» - торпеды: СЭТ-65 Э, СЭТ-65 МЭ, ТЭСТ-71 МЭ, 53-65 Э, УЭТТ
2	Проект 636	- 66 НАО - 67 НАО	1997 1998	В строю В строю	- 6 носовых ТА Ø 533 мм с электрическим и механическим вво-дом данных
3	Проект 636 М	- 68 НАО - 69 НАО - 70 НАО - 71 НАО - 72 НАО - 73 НАО - 74 НАО - 75 НАО	2004 2005 2005 2005 2006 2005 2005 2005	В строю В строю В строю В строю В строю В строю В строю В строю	- БИУС «Узел-Э» - торпеды: • СЭТ-65 Э • СЭТ-65 МЭ • ТЭСТ-71 МЭ • 53-65 Э • УЭТТ
II. Надводные корабли					
4	Эскадренный миноносец проекта 956 Э	- Ханьчжоу - Фучжоу	1999 1999	В строю В строю	- два двухтрубных ТА Ø 533 мм - СУО «Пурга-11356» - торпеды: • СЭТ-65 Э • СЭТ-65 МЭ
5	Эскадренный миноносец проекта 956 ЭМ	- Тайчжоу - Нинбо	2006 2006	В строю В строю	• 53-65 КЭ - минные рельсы. Запас 22 донные мины

Для корабельного состава, приобретенного у СССР и РФ (таблица 3), были заключены контракты на поставку торпед-

рабельному составу, построенному в СССР и РФ, а также к его вооружению и оружию. Перечень военно-морских плавсредств [4] приведен в таблице 3.

ного оружия [6], параметры которых приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Контракты на поставку торпедного оружия ВМС КНР

№ п/п	Наименование имущества	Изготовитель	Сроки поставки (года)	Контракт, договор комиссии	Примечание
1	2	3	4	5	6
1	Торпеды: - СЭТ-65 Э - СЭТ-65 КЭ	АО «Завод «Двигатель», г. Санкт-Петербург	2000 2001	PВ/515612031071 от 1997 г. PВ/615612050122 от 1997 г.	- 10 ед. (осн.) - 4 ед. (практ.) - 1 к-т рем. ЗИП - 1 к-т оборудования для приготовления
2	Торпеды: - 53-65 Э - 53-65 КЭ	«Завод машиностроения», г. Алма-Ата	1990-е гг. 2005 2006	из наличия по контракту с изготовителем PВ/615612031208 от 1998 г. PВ/115612121001 от 2002 г.	- несколько десятков единиц (уточняется) для ДПЛ пр. 877 ЭКМ
3	Торпеды: - ТЭСТ-71 МЭ - ТЭСТ-71 МКЭ	АО «Завод «Двигатель», г. Санкт-Петербург	1990 2001 2003 2006	- из наличия по договору комиссии	- 1 к-т оборудования для приготовления - 1 к-т ЗИП сред. ремонта - 1 к-т ЗИП к изделиям
4	Торпеда УЭТТ	АО «Концерн «МПО – Гидроприбор», г. Санкт-Петербург	(уточняется) 2006 2007 2017	P/11561211101 от 2002 г. P/315612223443-410682 от 2005 г. P/315612221542-410683 от 2005 г. P/155639050301-151732	- 66 ед. (осн.) - 16 ед. (практ.) - 4 ед. (уч. действ. макет) - 8 к-т ЗИП групповой - 1 к-т технической документации для среднего ремонта - 1 к-т ЗИП среднего ремонта - 1 к-т ЗИП среднего ремонта



Международный военно-морской салон в 2019 году

1.3 ВМС Социалистической Республики Вьетнам

Необходимость активизировать защиту национальных интересов не только в прибрежных водах, но и в океанской зоне

определило приобретение ВМС СРВ дизельных подводных лодок и сторожевых кораблей российской постройки [4]. Основные данные приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Корабельный состав ВМС СРВ

№ п/п	Тип, проект корабля	Наименование, такт. номер	Дата включения в состав	Состояние	Примечание
I. Дизельные подводные лодки					
1	ДПЛ «Варшавянка» пр. 636.1	- Ханой HQ-182 - Хошимин HQ-183 - Хайфон HQ-184 - Кханьхоа HQ-185 - Дананг HQ-186 - Бариа-Вунгтау HQ-187	2013 2013 2013 2013 2017 2017	В строю В строю В строю В строю В строю В строю	- 6 носовых ТА Ø 533 мм с электр. и механическим вводом данных - автоматизированная система зарядания ТА - БИУС «Узел-Э» - торпеды ТЭ-2-01 - мины МДМ-1 мод. 1
II. Надводные корабли					
2	Сторожевой корабль типа «Гепард – 3.9» пр. 11661 Э	- Dinh Tien Hoang HQ-011 - Ly Thai To HQ-012 - Tran Hung Dao HQ-015 - Quang Trung HQ-016	2011 2012 2018 2018	В строю В строю В строю В строю	- два двухтрубных ТА Ø 533 мм (ДТА-53-11661) - СУО «Пурга» - торпеды ТЭ-2-01 - донные мины 20 шт.

Для заказанного корабельного состава были заключены соответствующие контракты на поставку торпедного и минного

оружия для ВМС СРВ [7]. Отдельные параметры контрактов приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Контракты на поставку торпедного оружия ВМС СРВ

№ п/п	Наименование имущества	Изготовитель	Сроки поставки (года)	Контракт, договор комиссии	Примечание
1	Донная мина УДМ-Э	АО «Концерн «МПО – Гидроприбор», г. Санкт-Петербург			- 450 ед. (осн.)
2	Донная мина ДМ-1				- 50 ед. (осн.)
3	Аппаратный модуль АПМ для УДМ-Э и ДМ-1		2007	Р/470412141004-414154 от 2004 г.	- 450 к-т АПМ для УДМ-Э - 50 к-т для ДМ-1 - 8 + 8 к-тов эксплуатационного оборудования АПМ для УДМ-Э и ДМ-1 - 2 + 2 к-та цехового инструмента - 1 + 1 к-т эксплуатационной документации
4	Торпеда ТЭ-2-01 для ДПЛ пр. 636.1		2013 2017	Р/970412140157-910591 от 2009 г.	- 42 ед. (осн.) - 6 ед. (практ.) - 1 ед. имитатора - 5 к-тов ЗИП групповых - 3 к-та инструментов для ДПЛ - 42 ед. (осн.) - 6 ед. (практ.) - 6 к-тов ЗИП групповых - 3 к-та инструментов
5	Торпеда ТЭ-2-01		2015		- 8 ед. (осн.) - 4 ед. (практ.) - 1 ед. имитатор - 2 к-та ЗИП групповых - 1 к-т принадлежностей
6	Донные мины МДМ-1 мод. 1 Донные мины МДМ-2 мод. 1		2015 2015	Р/170412141846-1234081 от 2013 г.	- 40 ед. (осн.) - 4 ед. (уч.-тренин.) - 1 к-т инструмента - 40 ед. (осн.) - 4 ед. (уч.-тренин.) - 1 к-т инструмента



Международный военно-морской салон в 2019 году

1.4 ВМС Алжирской Народной Демократической Республики

Алжир поддерживает долговременные связи в области ВТС, уделяя должное внимание военно-морской технике. В та-

блице 7 приведена номенклатура корабельного состава, построенного в СССР и РФ и проданного АНДР [4].

Таблица 7 – Корабельный состав ВМС АНДР

№ п/п	Тип, проект корабля	Наименование, такт. номер	Дата включения в состав	Состояние	Примечание
I. Дизельные подводные лодки					
1	ДПЛ «Варшавянка» пр. 877 ЭКМ	- Rajs Hadj Mubarek 012 - El Hadj Slimane 013	1986 1987	В строю В строю	Модернизированы в 2005-2008 гг. - 6 носовых ТА Ø 533 мм с механич. вводом данных - торпеды СЭТ-65 Э ТЭСТ-71 МЭ
2	ДПЛ «Варшавянка» пр. 636 М	- Messali El Hadj 021 - Akram Pacha 022	2009 2009	В строю В строю	- 6 носовых ТА Ø 533 мм с механич. вводом данных - БИУС «Узел – Э» - торпеды 18 ед. или 24 донных мин - торпеды ТЭСТ-71 МЭ ТЭ-2-01
II. Надводные корабли					
4	Сторожевой корабль пр. 1159 Э	- Mourad Rais 901 - Rais Kellik 902 - Rais Korfu 903	1980 1982 1985	В строю В строю В строю	ТА Ø 400 мм Торпеды СЭТ-40

Для вооружения приобретенных в РФ дизельных подводных лодок пр. 636 М и 636.1 торпедным оружием были заключены соответствующие контракты [8], параметры которых приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Контракты на поставку торпедного оружия ВМС АНДР

№ п/п	Наименование имущества	Изготовитель	Сроки поставки (года)	Контракт, договор комиссии	Примечание
1	Торпеда ТЭСТ-71 МЭНК	АО «Завод «Двигатель», г. Санкт-Петербург	2001	РВ/001212141009-012501 от 2000 г.	- 4 ед. (осн.) - 2 ед. (практ.) - 2 к. ЗИП групповых - 1 к-т оборудования для приготовления
			2002	РВ/601212231002-011516 от 2000 г.	- 1 к-т РКД и оборудования для тех. позиции приготовления
2	Торпеда ТЭСТ-71 МЭНК	АО «Концерн «МПО – Гидроприбор», г. Санкт-Петербург	2009	РВ/601212110264-610897 от 2006 г.	- 4 ед. (практ.) - 4 к-та ЗИП групповых - 1 к-т оборудования для приготовления
3	Торпеда ТЭСТ-71 МЭНК		2011	РВ/601212110264-610897 от 2006 г.	- 14 ед. (осн.) - 14 ед. (практ.) - 7 к-тов ЗИП групповых - 1 к-т оборудования для приготовления
4	Торпеда ТЭ-2-01		2018	Р/1301212110251-1410821 от 2015 г.	- 14 ед. (осн.) - 2 ед. (практ.) - 1 к-т ЗИП групповых - 1 к-т оборудования и инструментов для приготовления
5	Торпеда ТЭ-2-01		2018	Р/1301212110251-1410824 от 2016 г.	- 14 ед. (осн.) - 2 ед. (практ.) - 1 к-т ЗИП групповых - 1 к-т оборудования и инструментов для приготовления

1.5 ВМС Исламской Республики Иран

Состав и перспективное развитие ВМС Ирана направлено на обеспечение политических и экономических интересов в акватории Персидского и Оманского заливов, а впоследствии и в акватории Индийского океана. Это и определило наличие в

ВМС до 1990 года сверхмалых подводных лодок типа «Гадир» (собственной постройки) и типа «Юго» (постройки КНДР), а также надводные корабли постройки Великобритании и США. С 1990 года Иран проявлял интерес к дизельным подводным лодкам проекта 877 ЭКМ российской постройки [4] (таблица 9).

Таблица 9 – Корабельный состав ВМС АНДР

№ п/п	Тип, проект корабля	Наименование, такт. номер	Дата включения в состав	Состояние	Примечание
I. Дизельные подводные лодки					
1	ДПЛ «Варшавянка» пр. 877 ЭКМ	- Tareq 901	1992 (ремонт 2012)	В строю	- 6 носовых ТА Ø 533 мм с механическим вводом данных - БИУС «Узел – Э» - торпеды 18 ед. или 24 донных мин - торпеды: • 53-65 КЭ • ТЭСТ-71 МЭ • ТЭСТ-71 МНК • скоростная торпеда аналог т. «Шквал»
		- Noor 902	1993	В строю	
		- Yunes 903	1997	В строю	

Основные параметры контрактов на поставку торпедного оружия с оборудованием приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Контракты на поставку торпедного оружия ВМС ИР Иран

№ п/п	Наименование имущества	Изготовитель	Сроки поставки (года)	Контракт, договор комиссии	Примечание
1	Торпеда ТЭСТ-71 МЭ	АО «Завод «Двигатель», г. Санкт-Петербург	1999	РВ/636412031004-2605 от 1997 г.	- 6 ед. (осн.) - 2 ед. (практ.)
2	Торпеды: - 53-65 КЭ - ТЭСТ-71 МЭ		2004	РВ/036412221201-311305 от 2003 г.	- 4 к-та ЗИМ ремонтных к изд. 53-65 КЭ - 1 к-т ЗИП ремонтных к изд. ТЭСТ-71 МЭ
3	Торпеды: - 53-65 КЭ - ТЭСТ-71 МЭ		2007		- 1 к-т ЗИП среднего ремонта т. 53-65 КЭ - 1 к-т ЗИП среднего ремонта т. ТЭСТ-71 МЭ
4	Торпеда ТЭСТ-71 МЭ		2010		- 1 к-т групповой ЗИП
5	Торпеда: - 53-65 КЭ - ТЭСТ-71 МЭ		1992 1993 1997		- кол-во торпед и оборудования уточняется - ориентировочно 36 ед. (осн.), 6 ед. (практ.), ЗИП среднего ремонта, оборудование для приготовления

1.6 ВМС Арабской Республики Египет

В ВМС Египта корабельный состав российской постройки отсутствует. Тем не

менее к минному оружию был проявлен интерес и был приобретен аппаратно-приборный модуль (АПМ) для донных мин [10], представленный в таблице 11.

Таблица 11 – Контракты на поставку торпедного оружия ВМС АР Египет

№ п/п	Наименование имущества	Изготовитель	Сроки поставки (года)	Контракт, договор комиссии	Примечание
1	АПМ для донных мин т. УДМ-Э и т. ДМ	АО «Концерн «МПО – Гидроприбор», г. Санкт-Петербург	2009	Р/742639052599-715303 от 2008 г.	- 40 к-тов одиночных ЗИП - 2 к-та ЗИП групповых - 2 к-та инструментов для кап. ремонта и др. имущество
			2009	Р/824639051501-813449 от 2008 г.	- 2 к-та ЗИП групповых - 70 ед. аккумуляторных батарей
			2009	Р/824639051500-813448 от 2008 г.	- 1 к-т испытательного оборудования морских исп. - 1 к-т РКД

Примечания:

1. В ВМС Египта отсутствует корабельный состав российской постройки.
2. АПМ поставлены для модернизации ранее приобретенных донных мин.



Международный военно-морской салон в 2019 году

2 ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ВТС С ИНОЗАКАЗЧИКАМИ В ЧАСТИ ПОСТАВОК МИННО-ТОРПЕДНОГО ОРУЖИЯ

Оценивая информацию, приведенную в таблицах 1-11, необходимо отметить:

1) основной объем торпедного оружия для корабельного состава, приобретенного в СССР и РФ, был закуплен в конце

20 века. К таким средствам относятся торпеды т. 53-65 КЭ, СЭТ-65 Э, СЭТ-65 МЭ, СЭТ-65 МКЭ, ТЭСТ-71 МЭ, ТЭСТ-71 МЭНК [3]. В дальнейшем заказчики приобретали ЗИП для среднего ремонта, оборудование для приготовления и среднего ремонта, а также отдельные блоки, узлы и приборы по списку, что позволяло им поддерживать торпеды на соответствующем техническом уровне и продлевать назначен-

ный срок службы торпед в 2 раза и более;

2) торпеды типа УЭТТ, ТЭ-2 различных модификаций разработаны в более позднее время и относятся к современным образцам;

3) в начале 21 века на мировом рынке корабельных донных мин вызвало определенный интерес предложение АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» по поставке аппаратно-приборного модуля (АПМ) для модернизации донных мин т. УДМ-Э и т. ДМ;

4) в начале 21 века в РФ произошли организационно-структурные изменения промышленности.

В настоящее время разработкой, изготовлением морского подводного оружия (МПО), в том числе для экспортных поставок, занимается АО «Концерн «МПО – Гидроприбор», в состав которого входят следующие предприятия:

- АО «Завод «Дагдизель», г. Каспийск;
- АО «Уралэлемент», г. Верхний Уфалей;
- АО «Электротяга», г. Санкт-Петербург;
- АО «НИИ мортеплотехники», г. Ломоносов.

Участие в ВТС предполагает постоянное поддержание экспортных образцов техники на современном научно-техническом уровне. С этой целью АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» проводит постоянные мероприятия по совершенствованию научно-технической и производственной кооперации в РФ. К ним относятся:

- разработка электронного прибора управления «Б-107» для торпедного оружия и его серийное производство с 2016 г. взамен электромеханического прибора управления «Б-27», поставляемого ОАО «НПО Киевский завод автоматики им. Петровского», г. Киев;
- организация серийного производства биротативных электродвигателей для торпед т. ДП-31УН и поставка их АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»;
- разработка и серийное производство литий-ионных аккумуляторных батарей для практических торпед ТЭ-2;

– постоянная корректировка технической документации торпед с целью использования современной отечественной электронной базы.

С учетом высказанных частных и обобщений можно оценить некоторые варианты потребности в минно-торпедном оружии ВМС рассматриваемых стран.

2.1 ВМС Республики Индия

Для вооружения ДПЛ пр. 877-ЭКМ, приобретенных в 1986-1991 гг. (08 ед.) и в 2000 г. (01 ед.), а также БПК пр. 61МЭ, приобретенных в 1980-1988 гг. (05 ед.), оценочно требуется около 150 ед. боевых торпед и 20 ед. практических торпед. В указанный период были приобретены торпеды типа 53-65 КЭ (изготовитель – «Завод машиностроения», г. Алма-Ата) и СЭТ-65 Э (АО «Завод «Двигатель», г. Санкт-Петербург, ТНК «Дастан», г. Бишкек) с сопутствующим ЗИП, оборудованием и инструментом. В последующем заказчик приобретал дополнительно ремонтный ЗИП, что позволило поддерживать техническое состояние торпед и продлить назначенный срок их службы в два раза и более. В настоящее время данные торпеды могут быть сняты с вооружения.

В конце 1990-х – начале 2000-х гг. были приобретены торпеды т. СЭТ-65 МЭ, СЭТ-65 МКЭ (изготовитель ТНК «Дастан», г. Бишкек) и т. ТЭСТ-71 МЭ и ТЭСТ-71 МЭНК (изготовитель АО «Завод «Двигатель») с соответствующим ремонтным ЗИП и оборудованием для ремонта и приготовления, что обеспечивает их эксплуатацию в настоящее время и ориентировочно до 2030 года.

За это время возможно выполнение отдельных заявок заказчика на поставку ЗИП среднего ремонта и отдельных приборов, узлов и инструмента по отдельному списку. Данные заявки способен выполнить Концерн.

Относительно интереса индийской стороны к морским донным минам нужно

отметить, что в 2010-2012 гг. был объявлен международный конкурс на организацию совместного производства на территории



Международный военно-морской салон в 2019 году

2.2 ВМС Китайской Народной Республики

С 1995 г. по 2006 г. в боевой состав ВМС КНР были включены ДПЛ пр. 877-ЭКМ (02 ед.), ДПЛ пр. 636 (02 ед.) и ДПЛ пр. 636М (08 ед.), а также эскадренные миноносцы пр. 956Э (02 ед.) в 1999 г. и пр. 956 ЭМ (02 ед.) в 2006 г. В этот период были приобретены торпеды типа 53-65 КЭ (изготовитель «Завод машиностроения», г. Алма-Ата), ТЭСТ-71 МЭ и СЭТ-65 КЭ (изготовитель – АО «Завод «Двигатель») с сопутствующим ЗИП, оборудованием и инструментом.

В последующем заказчик дополнительно приобретал ремонтный ЗИП, что позволило поддерживать техническое состояние торпед и продлить назначенный срок их службы в 2-3 раза. Учитывая, что эти модели торпед относятся к устаревшим образцам, в 1998–2002 гг. АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» выполнил по заказу КНР ОКР по разработке универсальной электрической телеуправляемой торпеды (шифр УЭТТ). По завершении работы соответствующая РКД, методики, резуль-

Индии. Предложения Концерн были отклонены.

таты испытаний с опытными образцами были переданы заказчику. Было поставлено 66 ед. боевых и 14 ед. практических торпед с соответствующим ЗИП среднего ремонта и оборудованием. В 2006, 2007 и 2017 гг. были поставлены ЗИП среднего ремонта, оборудование и блоки по дополнительному списку и комплект ремонтно-технической документации для среднего ремонта. Таким образом, торпеды т. УЭТТ находятся в эксплуатации порядка 15 лет, что предопределяет следующие варианты переговорных тем с заказчиком:

1. ремонт торпед;
2. модернизация торпед;
3. приобретение современных торпед т. ТЭ-2.

Рассмотрим подробнее эти варианты:
(1) Объем ремонта определяется требованиями заказчика и согласовывается с исполнителем. По своим возможностям Концерн способен выполнить ремонт любой сложности, кроме ремонта прибора управления «Б-26», по вопросу которого необходимо обращаться к изготовителю.

(2) Любые требования по модерни-

зации способно выполнить АО «Концерн «МПО – Гидроприбор», но необходимо учитывать, что при замене прибора управления «Б-26» на прибор «Б-107» и применение литий-ионных аккумуляторных батарей в практических торпедах совокупные затраты на модернизацию торпеды т. УЭТТ могут превысить стоимость новой торпеды т. ТЭ-2 (3).

В части морских донных мин КНР не проявляла интерес к предложениям АО «Концерн «МПО – Гидроприбор». В настоящее время КНР располагает производственной базой по изготовлению морских мин, в том числе с учетом технологий якорных и донных мин «КБ-Краб», «АМД», «МДТ» и др., а также мин-ракет и самотранспортирующихся морских донных мин, переданных СССР [6].

2.3 ВМС Социалистической Республики Вьетнам

В период с 2011 по 2018 гг. в боевой состав ВМС СРВ были включены дизельные подводные лодки «Варшавянки» пр. 363.1 (06 ед.) и сторожевые корабли «Гепард 3.9» пр. 11661Э (04 ед.) российской постройки. В этот же период по отдельным контрактам были приобретены торпеды т. ТЭ-2-01:

- для ДПЛ 84 ед. основных и 12 ед. практических торпед, а также ЗИП групповой, инструмент, оборудование для приготовления и среднего ремонта;
- для НК 08 ед. основных и 04 ед. практических торпед с сопутствующим имуществом.

После выполнения поставок специалисты изготовителя провели обучение корабельного и технического составов в соответствии с согласованными программами. В рамках данных контрактов заказчику были поставлены морские донные мины т. МДМ-1 и т. МДМ-2 с сопутствующим имуществом.

В конечном итоге можно сказать, что ВМС СРВ располагает современным и но-

вым минно-торпедным оружием для ДПЛ и НК.

В дальнейшем переговорный процесс будет ориентирован на приобретение ремонтного ЗИП и соответствующего оборудования для среднего ремонта по заявочным спискам.

2.4 ВМС Алжирской Народной Демократической Республики

В области ВТС АНДР поддерживает с РФ постоянные и долговременные контакты и уделяет должное внимание военно-морской технике, особенно дизельным подводным лодкам. В настоящее время в боевом составе ВМС Алжира находится:

- ДПЛ «Варшавянка» пр. 877 ЭКМ (в строю с 1987 г. и 1988 г.)
- ДПЛ «Варшавянка» пр. 636 М (в строю с 2017 г. и 2018 г.)
- ДПЛ «Варшавянка» пр. 636.1 (в строю с 2017 г. и с 2018 г.)

Для дизельных подводных лодок (ДПЛ), поставленных в 1988 г. и в 2009 г., были приобретены в РФ торпеды т. ТЭСТ 71 МЭ; ТЭСТ-71 МКЭ и 53-65 КЭ.

Начиная с 2001 г. были выполнены поставки торпеды т. ТЭСТ-71 МЭНК с соответствующими комплектами ЗИП среднего ремонта, оборудования и инструмента для приготовления и ремонта, а также технической документации. Для подводных лодок, включенных в состав ВМС АНДР в 2017 г. и 2018 г., были приобретены боевые практические торпеды ТЭ-2-01 с сопутствующим имуществом. Исходя из приведенных материалов, можно сказать, что в ближайшие 5-10 лет возможно ожидать заказов на поставку ремонтного ЗИП и отдельного инструмента и приборов по отдельному списку, вопросы по дополнительным поставкам торпед ТЭ-2-01 могут рассматриваться ориентировочно после 2025 года.

По морским донным минам какие-либо вопросы, уточнения и переговоры в АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» не поступали и не проводились.

2.5 ВМС Исламской Республики Иран

Развитие ВМС ИР Иран нацелено на обеспечение политико-экономических интересов в Индийском океане, прежде всего в акватории Персидского и Оманского заливов, а также в Каспийском море. Это и определило интерес ВМС Ирана к корабельному составу, построенному в РФ. В период 1992-1997 гг. в боевой состав ВМС Ирана были включены ДПЛ «Варшавянка» пр. 877 ЭКМ (03 ед.). Для вооружения этих ДПЛ были приобретены торпеды т. 53-65 КЭ и ТЭСТ-71 МЭ с ЗИП среднего ремонта, оборудованием и инструментом для приготовления и среднего ремонта. Последний контракт на поставку ЗИП среднего ремонта АО «Завод «Двигатель» выполнил в 2004 г. В последующем возможен вариант поставки ЗИП среднего ремонта, но при этом надо учитывать, что Иран располагает своими конструкторскими и производственными мощностями по изготовлению торпед калибра 324 мм и 533 мм (т. «Valfajz» – умные торпеды). Кроме того, Иран разработал скоростную торпеду – аналог т. «Шквал».

Одновременно Иран решил вопрос по морским минам, т.е. закупил порядка 1800 ед. морских мин т. КМД и ИЕР и 300 ед. современных китайских мин-ракет [9].

2.6 ВМС Арабской Республики Египет

В корабельный состав ВМС АР Египет не входят корабли и суда российской постройки. В конце 20 века ВМС Египта располагали морскими минами устаревшей конструкции, что послужило причиной обращения к АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» по вопросу модернизации этих мин. Результатом стало заключение контрактов с Концерном на поставку в 2009 году 40 комплектов аппаратно-приборных модулей с групповыми ЗИП, комплектов приспособлений для модернизации мин, а также контракта на поставку испытательного оборудования для морских испытаний

и эксплуатационной документации. Работы выполнялись персоналом ВМС АР Египет.

ВЫВОДЫ

Участие в ВТС предполагает постоянную оценку соответствия номенклатуры, экспортируемых образцов ПВН и их технических и эксплуатационных характеристик требованиям инозаказчиков и рынка оружия в целом. Соблюдение данных условий позволяет АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» занимать определенную нишу в экспортных поставках. Последнее время наиболее востребованной ПВН Концерна являются:

- универсальная электрическая телеуправляемая самонаводящаяся торпеда ТЭ 2 калибра 533 мм для подводных лодок и надводных кораблей;
- аппаратно-приборный модуль для морских донных мин т. УДМ-Э и т. ДМ;
- морские донные мины т. МДМ-1 и т. МДМ-2.

При этом надо учитывать, что спрос на торпеды и минное оружие определяется наличием у инозаказчика корабельного состава российской постройки. Для поддержания спроса на экспортируемую ПВН АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» должен проводить мероприятия, направленные на:

- улучшение технических и эксплуатационных характеристик за счет замены радиоэлектронной элементной базы на современную, в том числе цифровую, широкое использование инновационных технологий;
- расширение экспортной номенклатуры МПО за счет электрической торпеды калибра 324 мм и морской шельфовой мины, адаптированных к современным технологическим и производственным возможностям предприятий, входящих в Концерн, а также оформлению на них паспортов экспортного облика и рекламных паспортов;
- активизацию информационно-конструкторских контактов с АО «ЦКБМТ

«Рубин», АО «СПМБМ «Малахит», АО «Адмиралтейские верфи», АО «Северное ПКБ», АО «ЦКБ «Алмаз» (все – г. Санкт-Петербург), ОАО «Зеле-

нодольский СЗ», г. Зеленодольск, по вопросам включения в реестр вооружения и имущества проектируемых кораблей и строящихся экспортных кораблей.

ЛИТЕРАТУРА

1. ФС ВТС «Сборник справочных, учебных и методических материалов». Кн. 1. – М.: Издательство «Авиамир», 2010.
2. ФС ВТС «Сборник справочных, учебных и методических материалов». Кн. 2. – М.: Издательство «Авиамир», 2010.
3. ЦНИИ «Гидроприбор» и его люди за 60 лет. Т. 2. – СПб.: Издательство «Гуманитарная академия», 2009.
4. [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org> (дата обращения 26.03.2019).
5. [Электронный ресурс]. URL: <https://bmpd.livejournal.com> (дата обращения 26.03.2019).
6. [Электронный ресурс]. URL: <https://topwar.ru> – раздел «Отечественное торпедное оружие на мировом рынке» (дата обращения 26.03.2019).
7. [Электронный ресурс]. URL: <https://topwar.ru> – раздел «Современный военно-морской флот СРВ» (дата обращения 26.03.2019).
8. [Электронный ресурс]. URL: <https://topwar.ru> – раздел «ВМС Ирана» (дата обращения 26.03.2019).
9. [Электронный ресурс]. URL: <https://vpk.name/news/112720> – раздел «Отечественное оружие на мировом рынке» (дата обращения 26.03.2019).
10. [Электронный ресурс]. URL: <https://yablor.ru/blogs> – раздел «Отечественное оружие» (дата обращения 26.03.2019).

УДК 658.114.45

Ключевые слова: Государственный научный центр, научная школа, научно-производственный центр, аспирантура, диссертационный совет.

Патрушев В.В. «Гидроприбор» как Государственный научный центр: к 25-летию присвоения статуса ГНЦ РФ. // Подводное морское оружие. 2019. Вып. 4(47). С. 5-8.

Статья посвящена основным направлениям деятельности АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» как Государственного научного центра.

УДК 623.946.08

Ключевые слова: ЭДМ УГСТ, аксиально-поршневой двигатель, узел газораспределения, графит, оксид хрома, пропитка, износ.

Михайлова Е.В., Рикконен Н.М., Шаронов Е.А. Разработка и применение материалов на основе графита для узлов газораспределения тепловых торпед. // Подводное морское оружие. 2019. Вып. 4(47). С. 9-26.

В статье изложены технологические особенности получения и испытания антифрикционных композиционных материалов в узле трения газораспределительного механизма аксиально-поршневого двигателя тепловых торпед. Приведены результаты разработки, стендовых и натурных испытаний дисков из композиционных графитов типа МПГ, модифицированных оксидом хрома. Показано, что композиционный графит МПГ-7/2С и МПГ-8 с оксидом хрома обеспечивает заданную надежность в узле трения тепловых торпед.

УДК 623.97

Ключевые слова: морские роботизированные системы, необитаемый подводный аппарат, автономный необитаемый подводный аппарат, телеуправляемый необитаемый подводный аппарат.

Красильников Р.В., Нисевич М.З. История развития необитаемых подводных аппаратов разработки ГНЦ «Гидроприбор». // Подводное морское оружие. 2019. Вып. 4(47). С. 27-35.

В статье освещается история развития морских роботизированных систем преимущественно военного назначения (необитаемых подводных аппаратов), разработанных НИИ-400 – ЦНИИ «Гидроприбор» – НПО «Уран» – АО «Концерн МПО – Гидроприбор».

УДК 623.983

Ключевые слова: гидроакустика, маяк, подводный аппарат, подводная навигация, подводная связь, частоты, помехи, приём сигналов.

Аляев Ю.Г. Об оптимальном расположении гидроакустических маяков. // Подводное морское оружие. 2019. Вып. 4(47). С. 36-42.

В статье рассматривается вопрос взаимных помех от гидроакустических маяков, работающих импульсными сигналами. Показано, что при учёте затухания звука в водной среде оказывается возможным подобрать оптимальное расположение маяков, при котором во всех точках обслуживаемой акватории будет поддерживаться устойчивая связь как минимум одного маяка с подводным аппаратом.

УДК 534.231

Ключевые слова: средство гидроакустического противодействия, заградительная помеха, станция шумопеленгования, гидролокационная станция, первичное поле ПЛ, вторичное поле ПЛ, излучатель.

Бирюков В.Н., Костромитинов В.Г., Мойса А.В., Петров М.П., Тимофеева И.В. Средства гидроакустического противодействия. Методы генерации мощной заградительной помехи. // Подводное морское оружие. 2019. Вып. 4(47). С. 43-54.

В статье представлен обзор методов генерации мощной заградительной помехи в диапазоне рабочих частот станций шумопеленгования и гидролокационных станций. Выполнен их сравнительный анализ.

УДК 623-1/-8

Ключевые слова: батареи одноразового действия, никель-кадмиевые аккумуляторы, литиевые элементы, литий-ионные аккумуляторы.

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. 2019. Вып. 4(47). С. 55-68.

В статье представлены основные характеристики литиевых элементов и литий-ионных аккумуляторов, на основании чего даются рекомендации по возможности использования их для проектирования мощных батарей одноразового действия с длительным сроком хранения. Анализируется возможность замены никель-кадмиевых батарей одноразового действия серии НКМ.

УДК 316.356.2

Ключевые слова: подготовка специалистов, инженерное образование, система подготовки кадров, качество подготовки кадров, сотрудничество с предприятиями ОПК.

Патрушев В.В., Филмонов А.К., Акопян А.Б., Кузнецов Д.И. Современная система подготовки кадров по направлению «Корабельное вооружение». // Подводное морское оружие. 2019. Вып. 4(47). С. 69-74.

В статье предложена концепция подготовки современных высококвалифицированных кадров для ОПК и ВМФ с учётом интеграции интеллектуального и промышленного потенциала СПбГМТУ и организации ОПК.

УДК 069.1

Ключевые слова: музейная деятельность, подготовка специалистов, научно-методическая деятельность, материально-техническая база.

Репин А.А., Сударчиков В.А., Шаповалова А.Е. Музей морского подводного оружия как научно-методическая база подготовки специалистов ГНЦ «Гидроприбор». // Подводное морское оружие. 2019. Вып. 4(47). С. 75-78.

Музей морского подводного оружия представлен в статье не только в аспекте выставочно-экспозиционной и научно-исследовательской деятельности, но и как учебно-методическая база подготовки специалистов Концерн, предприятий ВПК и вузов Санкт-Петербурга.

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». // Подводное морское оружие. 2019. Вып. 4(47). С. 79-88.

В статье излагается поэтапное формирование методики оценки эффективности морского подводного оружия в ЦНИИ «Гидроприбор». Методика включает критерии эффективности и систему моделей, позволяющих производить оценку эффективности изделий, определять оптимальное сочетание их ГТХ, исходя из типа цели, характера её противодействия и внешних условий.

УДК 355/359

Ключевые слова: Военно-морской флот РФ, боевые возможности, оперативно-стратегические задачи, морское подводное оружие, флоты иностранных государств, угроза национальным интересам, стратегическое сдерживание.

Ещенко Я.В., Попов А.Н., Пучнин В.В., Сударчиков В.А. Проблемы строительства и развития ВМФ России. // Подводное морское оружие. 2019. Вып. 4(47). С. 89-98.

В статье проведен сравнительный анализ боевых возможностей Военно-морского флота Российской Федерации и военно-морских сил ведущих морских держав мира по выполнению основных оперативных задач. На основе полученных выводов сделаны рекомендации по дальнейшему строительству и развитию Военно-морского флота Российской Федерации и внесению изменений в государственную программу вооружения на 2018-2027 годы.

Ключевые слова: бизнес-направления, гособоронзаказ, стратегия развития, целевой портфель бизнес-направлений, финансово-экономическое состояние, факторы развития.

Добычин А.В., Кузьмин А.С., Никитин А.П., Родченко В.Г. Обоснование неотложных мер при разработке Стратегии развития АО «Концерн «МПО – Гидроприбор». // Подводное морское оружие. 2019. Вып. 4(47). С. 99-107.

В статье на основе анализа наполнения целевого портфеля бизнес-направлений, составленного на ближайшую перспективу, показано, что Концерн в состоянии обеспечить себе приемлемый уровень существования с умеренно-поступательным характером развития только при условии гарантированного получения гособоронзаказа по минимально необходимому уровню, определяемому принятой МО РФ концепцией развития МПО ВМФ, а также ГПВ 20-30. Приведён ряд факторов, существенно искажающих реальную картину реализации целевого бизнес-портфеля Концерна. Показаны практически достигаемые уровни развития в случае принятия мер по противодействию этим факторам. Предложены меры, реализация которых будет способствовать преодолению кризисных явлений и достижению стратегических целей.

Ключевые слова: внутренний контроль, управление рисками, бизнес-процесс, рентабельность.

Терюхов В.Е. Актуальная модель системы внутреннего контроля и управления рисками. // Подводное морское оружие. 2019. Вып. 4(47). С. 108-110.

В статье представлена модель с обоснованием интеграции (объединения) функций внутреннего контроля и управления рисками в компетенции соответствующего департамента предприятия.

Ключевые слова: военно-техническое сотрудничество, внешнеэкономическая деятельность, экспорт военно-морской техники, экспортные образцы техники, инозаказчик.

Новиков Ю.В. Военно-техническое сотрудничество ГНЦ АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» с зарубежными странами. // Подводное морское оружие. 2019. Вып. 4(47). С. 111-127.

В статье на основе данных по экспортным поставкам минно-торпедного оружия представлены обобщенные предложения по совершенствованию военно-технического сотрудничества.

- Акопян А.Б.** – проректор по воспитательной работе СПбГМТУ
- Аляев Ю.Г.** – к.ф.-м.н., старший научный сотрудник АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»
- Бирюков В.Н.** – к.т.н., НИЦ РЭВ и ФИР ВМФ НИИ ОСИС ВМФ ВУНЦ ВМФ ВМА
- Добычин А.В.** – заместитель генерального директора АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»
- Ещенко Я.В.** – канд. воен. наук, преподаватель кафедры оперативного искусства (ВМФ) ВУНЦ ВМФ «ВМА им. Н.Г. Кузнецова»
- Коровина Г.М.** – ведущий инженер-программист АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»
- Костромитинов В.Г.** – главный специалист АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»
- Красильников Р.В.** – к.т.н., доцент, главный научный сотрудник АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»
- Кудрявцев Н.А.** – д.т.н., ведущий инженер АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»
- Кузнецов Д.И.** – д.т.н., профессор Военного учебного центра СПбГМТУ
- Кузьмин А.С.** – к.т.н., с.н.с., начальник сектора 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»
- Михайлова Е.В.** – к.т.н., старший научный сотрудник АО «НИИ морской теплотехники»
- Мойса А.В.** – инженер 1 категории АО «Концерн МПО – Гидроприбор»
- Мойса В.А.** – главный конструктор АО «Концерн МПО – Гидроприбор»
- Никитин А.П.** – к.т.н., с.н.с., главный специалист АО «Концерн МПО – Гидроприбор»
- Нисневич М.З.** – к.т.н., с.н.с., главный конструктор АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»
- Новаков В.А.** – к.т.н., с.н.с., начальник сектора АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»
- Новиков Ю.В.** – начальник управления АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»
- Патрушев В.В.** – генеральный директор АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»
- Петров М.П.** – начальник отделения АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»
- Попов А.Н.** – д-р воен. наук, профессор, ведущий научный сотрудник АО «ГНИНГИ»
- Пучнин В.В.** – д-р воен. наук, профессор, профессор кафедры оперативного искусства (ВМФ) ВУНЦ ВМФ «ВМА им. Н.Г. Кузнецова»
- Репин А.А.** – канд. воен. наук, главный научный сотрудник АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»
- Рикконен Н.М.** – начальник сектора АО «НИИ морской теплотехники»
- Родченко В.Г.** – к.т.н., с.н.с., начальник сектора АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»
- Сударчиков В.А.** – канд. воен. наук, начальник центра АО «Концерн МПО-Гидроприбор»
- Терюхов В.Е.** – ведущий аналитик АО «Концерн МПО-Гидроприбор»
- Тимофеева И.В.** – к.т.н., научный сотрудник АО «Концерн МПО – Гидроприбор»
- Филимонов А.К.** – д.т.н., профессор, заместитель генерального директора АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» по науке
- Шаповалова А.Е.** – к.филол.н., ведущий научный сотрудник АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»
- Шаронов Е.А.** – к.т.н., старший научный сотрудник АО «НИИ морской теплотехники»

**Научно-технический сборник
«Подводное морское оружие»**

Вып. 4 (47) 2019



Подписано в печать 30.10.2019 г.
В сборнике 13 статей
Формат 60x80 1/6. Бумага офсетная. Печ. л. 6,1
Тираж 100 экз.

Подготовлен и отпечатан
в ГНЦ РФ АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор»
194044, Санкт-Петербург, Б. Сампсониевский пр., 24
телефон: (812) 542-01-47, факс: (812) 542-96-59, e-mail: info@gidropribor.ru