



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РФ
КОНЦЕРН МОРСКОЕ ПОДВОДНОЕ ОРУЖИЕ
ГИДРОПРИБОР
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

3 (71) 2023



ПОДВОДНОЕ МОРСКОЕ ОРУЖИЕ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

3 (71)
2023



Издается с 2003 г.

ПОДВОДНОЕ МОРСКОЕ ОРУЖИЕ

Санкт-Петербург - 2023 г.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ 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, академик Академии военных наук, 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, профессор Академии военных наук, начальник центра организационно-методического и научно-технического сопровождения, заведующий базовой кафедрой СПбГМТУ

ЧЛЕНЫ

АЛИЕВ Ш. Г. – д.т.н., профессор, заслуженный деятель науки ДАССР, генеральный конструктор САПР АО «Завод «Дагдизель»

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

БИТКОВ Г. А. – начальник отделения

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

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

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

КАТКОВ В. А. – начальник отдела

КОПТЕВ Б. А. – к.т.н., начальник отделения

КРАСИЛЬНИКОВ Р. В. – д.т.н., доцент, член-корр. РАЕН, главный научный сотрудник

КРИНСКИЙ А. Ю. – заместитель начальника отдела

КУДРЯВЦЕВ Н. А. – д.т.н., ведущий инженер

КУЗНЕЦОВ Д. И. – д.т.н., доцент, декан факультета СПбГМТУ

КУЗЬМИН А. С. – к.т.н., с.н.с., начальник отдела

ЛЕОНОВ Д. В. – к.т.н., главный конструктор

МАРТЫНОВ В. Л. – д.т.н., доцент, член-корреспондент Академии военных наук, главный специалист

МАТВИЕНКО С. А. – заместитель генерального директора

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

НИКИТИН А. А. – заместитель генерального директора

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

ПОЛЕНИН В. И. – д-р воен. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор ВУНЦ ВМФ «ВМА»

ПОПОВ А. Н. – д-р воен. наук, профессор, начальник отдела АО «ГНИНГИ»

ПУДОВ С. Я. – заместитель генерального директора

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

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

РЕПИН А. А. – канд. воен. наук, профессор Академии военных наук, главный научный сотрудник

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

СИМОНЬЯН Т. А. – начальник управления

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

СУХОПАРОВ П. Д. – советник генерального директора

ТАРАСОВ В. А. – первый заместитель генерального директора

ХАЛЕЕВ А. А. – начальник отделения

ЩУКИНА Е. В. – к.т.н., начальник отделения

РЕДАКЦИЯ

ШАПОВАЛОВА А. Е. – канд. филол. наук, ведущий научный сотрудник

Научно-технический сборник
по актуальным вопросам развития
морского подводного оружия
Издаётся с 2003 года

Учредитель

**Государственный научный центр РФ
АО «Концерн «Морское подводное
оружие – Гидроприбор»**

194044, Санкт-Петербург, Большой
Сампсониевский пр., д. 24 А, лит. 3
Тел. +7 (812) 542-01-47
Факс +7 (812) 542-96-59
E-mail: info@gidropribor.ru
https://www.gidropribor.ru

Адрес редакции

194044, Санкт-Петербург, Большой
Сампсониевский пр., д. 24 А, лит. 3
Тел. +7 (812) 542-26-59
E-mail: comnts@yandex.ru

Электронная версия сборника

<https://gidropribor.ru/science/redaktionno-izdatelskaya-deyatelnost/>



Подписано в печать 09.06.2023
Формат 70x108/16. Печать офсетная. Печ. л. 7,1.
Тираж 100 экз. Заказ № 23.
Отпечатано в ООО «Типография Премиум Пресс»
190020, Санкт-Петербург, Нарвский пр., д. 18,
лит. А, оф. 305

CONTENTS

NEWS

Gebrial O. V. Anniversary of the Great Victory.....	4
Repin A. A. The role and niche of shipbuilding engineering classes in training of the engineering personnel for the concern Sea Underwater Weapon—Gidropribor.....	5

TORPEDO WEAPON AND COUNTERMEASURES

Kabanets E. V. Design aspects of torpedo information-and-control systems.....	10
Leonov D. V., Tomov A. A. Study of unsteady thermal processes in the high-loaded torpedo engine and the prospects for its use in civil or dual-purpose systems.....	34

MINE WEAPON AND COUNTERMEASURES

Podoshvelev A. N., Sergeev A. K. Foreign navies' standard towed target-physical field imitating sweeps and their development prospects.....	39
--	----

APPROACHES AND METHODS

Dmitrichenko V. P. The potential of parametric radiation to be used in UUV's sonar systems.....	53
Sokolov A. S. The prediction and decision model of nonsmooth production flow for the defense-industrial sector.....	62
Dyshkantiuk A. V., Sharaya I. V. Development of weapon systems according to the system engineering strategy.....	67

HISTORIC EVENTS AND DATES

Pogudin K. G. The Scientist Jubilee.....	74
Shamil Gimbatovich Aliyev: 80 Years.....	76
Titarovskaya T. N. 75 years of the Special design engineering bureau.....	77
Shapovalova A. E. To the 80th anniversary of Gidropribor. History of buildings on the embankment: from the building of Plant no.231 to the construction of NII-400 research institute.....	86
Rychkov V. M., Solodko A. V., Solodko T. A. The patriot and minesweeping supporter.....	97
Information on writers	103
Writer guideline	104

СОДЕРЖАНИЕ

НОВОСТИ

Гебриаль О. В. Годовщина Великой Победы.....	4
Репин А. А. Роль и место инженерных классов судостроительного профиля в подготовке инженерных кадров для ГНЦ РФ АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор».....	5

ТОРПЕДНОЕ ОРУЖИЕ И СИСТЕМЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ

Кабанец Е. В. Аспекты проектирования информационно-управляющих систем торпед.....	10
Леонов Д. В., Томов А. А. Исследование неустановившихся тепловых процессов высоконагруженного торпедного электродвигателя и перспективы его использования в изделиях гражданского и двойного назначения.....	34

МИННОЕ И ПРОТИВОМИННОЕ ОРУЖИЕ

Подошвелев А. Н., Сергеев А. К. Типовые буксируемые тралы-имитаторы физических полей надводных кораблей ВМС зарубежных стран и перспективы их развития.....	39
--	----

ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ

Дмитриченко В. П. Потенциальные возможности использования параметрического излучения в гидроакустических системах подводных аппаратов.....	53
Соколов А. С. Модель прогнозирования и принятия решений на неритмичном производстве оборонно-промышленного комплекса.....	62
Дышкантук А. В., Шарая И. В. Создание систем вооружения на основе методологии системной инженерии.....	67

ИСТОРИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ И ДАТЫ

Погудин К. Г. Юбилей учёного.....	74
80 лет Шамилю Гимбатовичу Алиеву.....	76
Титаровская Т. Н. 75 лет специальному конструкторскому бюро.....	77
Шаповалова А. Е. К 80-летию «Гидроприбора». История корпусов на набережной от постройки завода № 231 до создания НИИ-400.....	86
Рычков В. М., Солодко А. В., Солодко Т. А. Патриот своей Родины и минно-трального дела.....	97

Сведения об авторах	103
Правила для авторов	104

**ГОДОВЩИНА ВЕЛИКОЙ ПОБЕДЫ
ANNIVERSARY OF THE GREAT VICTORY**

Государственный научный центр АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор» отметил 78-ю годовщину Победы в Великой Отечественной войне. 5 мая на предприятии состоялся традиционный предпраздничный митинг. Сотрудники и приглашённые ветераны собрались на площади перед мемориалом, посвящённым памяти работников заводов № 181 и № 231, ЦКБ-36, ЦКБ-39, отдавших жизнь за Родину в блокаду Ленинграда и на фронтах Великой Отечественной войны. Началось всё с концерта под открытым небом. Артисты театра «Легенда» подготовили литературно-музыкальную композицию: для собравшихся звучали стихи и песни военных лет. Работала военно-полевая кухня, где желающие могли угоститься солдатской кашей и крепким чаем.

Ровно в полдень в ходе торжественной церемонии глава концерна Владимир Патрушев и первый заместитель генерального директора Валерий Тарасов установили корзину алых гвоздик к подножию мемориала. Вслед за руководителями цветы к Вечному огню возложили все присутствующие. Память погибших почтили минутой молчания.



Праздник 9 Мая традиционно объединяет все поколения концерна. Почётным гостем митинга в честь Дня Победы стал старейший сотрудник «Гидроприбора», лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники Р. С. Жизмор. «Я помню, как 9 мая 1945 года люди на улицах ликовали, обнимались, целовали друг друга. Для меня всю жизнь это главный праздник, – поделился своими воспоминаниями Рафаил Савельевич. – Я всегда считал, что у каждого порядочного человека в нашей стране есть два самых главных праздника: это его собственный день рождения и День Победы. Мы должны чтить память людей, которые отдали свои жизни за победу в войне, и не давать разгуливаться нацизму».

Концерн «Гидроприбор» свято хранит память о Великой Отечественной войне. В те суровые годы, в невыносимых условиях постоянных бомбёжек и блокады, предприятие продолжало ковать вооружение для нужд Ленинградского фронта. Тем самым наши предшественники внесли немалый вклад в победу над фашизмом, и одна из главных задач сегодня – передать молодым работникам память о подвиге их героических предков.



**РОЛЬ И МЕСТО ИНЖЕНЕРНЫХ КЛАССОВ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОФИЛЯ
В ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ ДЛЯ ГНЦ РФ АО «КОНЦЕРН
«МОРСКОЕ ПОДВОДНОЕ ОРУЖИЕ – ГИДРОПРИБОР»**

**THE ROLE AND NICHE OF SHIPBUILDING ENGINEERING CLASSES
IN TRAINING OF THE ENGINEERING PERSONNEL
FOR THE CONCERN SEA UNDERWATER WEAPON – GIDROPRIBOR**

В статье рассматривается роль и место инженерных классов судостроительного профиля в подготовке квалифицированных инженерных кадров для ГНЦ РФ АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор».

Ключевые слова: инженерные классы судостроительного профиля, подготовка инженерных кадров, профориентирование.

The article studies the role and niche of shipbuilding engineering classes in training of the high-skilled engineering personnel for the Concern Sea Underwater Weapon – *Gidropribor*.

Key words: shipbuilding engineering classes, training of the engineering personnel, vocational guidance.

Образование является одной из важнейших систем социальной сферы государства, обеспечивающий процесс получения человеком систематизированных знаний, умений и навыков с целью их эффективного использования в профессиональной и общественной деятельности.

Вызовы последнего десятилетия вскрыли серьёзные проблемы в системе инженерного образования России, которая за годы после перестройки во многом утратила потенциал советской инженерной школы.

СССР получил в наследство от Российской империи сбалансированную систему технического образования. После ряда революционных экспериментов образование вернулось к традиционной системе: программы институтов были построены по аналогии с дореволюционными, общая организация высших технических учебных заведений сбыва сравнима с той, что была в дореволюционное время. Кроме того, пристальное внимание было уделено средней школе.

Весьма актуально сегодня звучит

сформулированное в постановлении ЦК ВКП (б) от 25 августа 1931 г. признание, что «коренной недостаток школы в данный момент заключается в том, что обучение в школе не даёт достаточного объёма общеобразовательных знаний и неудовлетворительно разрешает задачу подготовки для техникумов и высшей школы вполне грамотных людей, хорошо владеющих основами наук (физика, химия, математика, родной язык, география и т. д.)». После этого постановления преподавание в средних школах начало быстро улучшаться, в особенности по естественным наукам и математике. Без этого фактора повысить уровень и качество инженерного образования было бы просто невозможно.

Успехи советского инженерного образования отразились в успешном развитии космической программы в СССР. Это отмечалось и многими американскими экспертами, детально изучавшими советскую систему образования после запуска первого искусственного спутника Земли. А после полёта Юрия Гагарина американ-

ский президент Джон Кеннеди сказал, что космическую гонку выиграл советский учитель. Система советского образования долгое время служила образцом для всего мира, да и сегодня известно, что в английских школах преподают точные и естественные науки по переведённым советским учебникам.

В чём заключалась русская методика обучения инженеров, получившая название «русская инженерная школа»? Эксперты отмечают три основных составляющих:

1. Серьёзное изучение теоретических предметов на уровне, не уступающем уровню их преподаванию в классических университетах.
2. Глубокая практическая подготовка, основанная на работе студентов в условиях, максимально приближённых условиям реального производства.
3. Постоянная взаимовыгодная связь высшей технической школы с промышленностью.

Ещё одна важнейшая составляющая успеха русской инженерной школы – это уровень и качество подготовки в средней общеобразовательной школе. [1]

Сегодня у нас появился повод задуматься о качестве среднего школьного образования.

С 2022 года по поручению президента Владимира Путина в России начали открываться первые инженерные классы судо- и авиастроительного профиля. Обучение учащихся по узкопрофильной инженерной направленности ведётся на базе 96 школ, расположенных в 23 российских регионах. В них набирают ребят, преуспевающих в математике, физике и информатике. К каждому из регионов прикреплен вуз и промышленные партнёры, которые участвуют в формировании учебных программ и обучении школьников. ГНЦ РФ АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор» не остался в стороне. В 2022 году был заключён договор об индустриальном партнёрстве с ГБОУ СОШ № 291 Красносельского района Санкт-Петербурга, в которой сформирован инженерный класс судостроительного профиля (рисунок 1).

Ожидается, что создание судостроительных классов позволит обеспечить углублённую подготовку школьников по базовым естественно-научным дисциплинам, дополнительным обще-



Рисунок 1 – Инженерный класс судостроительного профиля в Музее морского подводного оружия ГНЦ РФ АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор»

развивающим программам, а также создаст условия для профориентации в траектории «школа – вуз – предприятие».

Руководство концерна справедливо считает, что создание и функционирование профильных инженерных классов является перспективным направлением в области развития промышленной отрасли Российской Федерации.

Реализация проекта приводит к:

- увеличению охвата и вовлечённости обучающихся в непрерывную систему подготовки кадров для судостроительной отрасли;
- знакомству обучающихся с профессиями судостроительной отрасли и требованиями к ним.

Уже со школы начинается подготовка квалифицированных кадров, которые будут в дальнейшем обеспечивать технологический суверенитет России. Рынок труда в сфере судостроения весьма требователен, и чем глубже знания и навыки, полученные в том числе в школе, тем более будет востребован специалист. Ребята смогут начать свой путь в качестве инженера, прикоснуться к профессии, определить интересующую область своего развития. Всё это делается для того, чтобы к окончанию школы ребята обладали определёнными инженерными знаниями, а главное – сформировавшимся интересом к развитию в этом направлении. Благодаря специализированным классам переход из школы в вуз, а затем на предприятие

станет более осмысленным.

В новых условиях особого внимания заслуживает создание условий для творчества, развития индивидуальности каждого будущего специалиста. Творческие способности формируются в процессе активного участия школьников и студентов в научно-исследовательской работе и инженерных разработках. Это также повышает уровень мотивации молодёжи к занятиям фундаментальной наукой, активизирует включение инновационной деятельности в образовательный процесс (рисунок 2, 3). [2]

На актуальность этой проблемы указал В. Путин ещё в 2014 году, подчеркнув, что качество инженерных кадров становится одним из ключевых факторов конкурентоспособности государства и основой для его технологической, экономической независимости. Бесспорно, ряд кадровых проблем удалось решить. Об этом свидетельствуют факты разработки и создания новейших технологий, например в области гиперзвука. Но дальнейшее развитие системы подготовки инженерных кадров требует реформы существующей на сегодняшний день системы образования.

Отмеченные проблемы очень актуальны. Существующее сегодня объективное противоречие между реальной потребностью общества в высококлассных технических специалистах и относительно стихийно проходящая профориентация старших школьников вызывает необходимость совершен-



Рисунок 2 - Учебные классы судостроительного профиля



Рисунок 3 - Реализация проекта безэкипажного катера

ствования всей системы общественных воздействий на мотивы выбора профессий молодёжью. Ведущее место в данной системе принадлежит образу профессии, который необходимо формировать на всех ступенях образования.

Российские предприятия сейчас кровно заинтересованы в квалифицированных кадрах, и многие компании сегодня сотрудничают не только с вузами, но и со школами. В качестве индустриального партнёра «Гидроприбор» участвует в профориентационных мероприятиях внеучебной деятельности ГБОУ СОШ № 291 Красносельского района, для чего в начале 2022 года был согласован план совместных мероприятий. Ученики инженерного класса судостроительного профиля посещали Музей морского подводного оружия на террито-

рии концерна. Сотрудники концерна оказывали помощь обучающимся по научно-техническим вопросам в рамках подготовки к Всероссийскому фестивалю науки «Наука 0+», который организовывал и проводил СПбГМТУ. Представители ГНЦ РФ АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор» принимали участие в фестивале инженерных классов Санкт-Петербурга, который проходил на базе этой школы (рисунок 4). Весной 2023 года школьники впервые приняли участие в ежегодной XLI отраслевой научно-технической конференции молодых учёных и специалистов «Морское подводное оружие. Морские подводные роботы – вопросы проектирования, конструирования и технологий. МПО–МС–2023», где выступили с докладами (рисунок 5).



Рисунок 4 – Фестиваль инженерных классов судостроительного профиля, 2023 г.



Рисунок 5 – Представители ГБОУ СОШ № 291 на XLI конференции «МС–МПО–2023»

ВЫВОДЫ

Рынок труда в сфере судостроения весьма требователен, и чем глубже знания и навыки, полученные в том числе в средней и старшей школе, тем более будет востребован специалист.

В России очень много талантливых ребят, которые способны приумножить успехи российской инженерной мысли. И руководство Государственного научного центра Российской Фе-

дерации «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор» уверено, что благодаря проекту «Инженерные классы судостроительного профиля» предприятие будет пополняться высококвалифицированными кадрами, которые внесут свой вклад в обеспечение обороноспособности и промышленного суверенитета нашего государства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Суханов, А. Инженерные школы – восстановление лучших российских традиций технического образования / А. Суханов. – Текст: электронный // ИА «Время Н» [сайт]. – URL: <https://www.vremyan.ru/analytics/495443> (дата обращения: 26.04.2023).
2. Сёмкин, Б. Проблемы инженерно-технического образования / Б. Сёмкин, Т. Свит. – Текст: электронный // Информационно-аналитический журнал «Аккредитация в образовании» [сайт]. – URL: https://akvobr.ru/problemy_inzhenerno_tehnicheskogo_obrazovania.html (дата обращения: 28.04.2023).

АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ТОРПЕД

DESIGN ASPECTS OF TORPEDO INFORMATION-AND-CONTROL SYSTEMS

Начало проектирования информационно-управляющих систем связано с разработкой первых самонаводящихся противокорабельных торпед. Первой такой торпедой была САЭТ-50 с пассивной системой самонаведения. Однако само понятие «информационно-управляющая система», как совокупность систем управления и самонаведения, вошло в практику значительно позже, после внедрения в торпеды бортовых цифровых вычислительных машин. Аспекты проектирования информационно-управляющих систем торпед излагаются автором с позиции разработчика систем управления. Основное внимание уделено вопросам проверки совместного функционирования систем управления и самонаведения в лабораторных условиях.

Ключевые слова: алгоритм управления, управляющая функция, датчики кинематических параметров, бортовая цифровая вычислительная машина, бесплатформенная инерциальная навигационная система, комплекс физико-математического моделирования.

Designing of information-and-control systems stems from the development of early ASUW homing torpedoes. The first torpedo of that type was SAET-60 with its passive homing system. However, the term "information-and-control systems" as a complex of control and homing systems was put to use just after the torpedoes have been supplied with their onboard computers. The paper presents the design aspects of torpedo information-and-control systems from the designer's point of view, with the special emphasis on the interoperability check of control and homing systems in laboratory environment.

Key words: control algorithm, control function, kinematic transducer, onboard computer, platform-free inertial navigation system, physico-mathematical simulation complex.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе проектирования первых противокорабельных самонаводящихся торпед возникла новая проблема: разделение работ и ответственности за результат стрельбы между разработчиками систем самонаведения и систем управления. Аппаратура самонаведения должна была индентифицировать цель и выдавать команды приборам управления, а приборы управления должны были обеспечить необходимое маневрирование торпеды. Обмен информацией был односторонним, и результат совместного функционирования оценивался по отметке срабатывания неконтактного

взрывателя. В случае промаха возникал конфликт интересов. Напомним, что в те времена приборы управления были электромеханическими, элементной базой аппаратуры самонаведения были электронные лампы и реле, а торпедным регистрирующим прибором был автограф глубины и крена [1]. Исследование процессов самонаведения выполнялось вручную графоаналитическим методом. Ситуацию спасало то, что торпед было много, стоили они недорого, организация торпедных стрельб не вызывала затруднений и отработка совместного функционирования систем управления и самонаведения проводилась методом проб и ошибок [2].

Ситуация начала изменяться в связи с проектированием самонаводящихся противолодочных торпед, предназначенных для борьбы с перспективными ПЛ предполагаемого противника. Для обеспечения требуемой эффективности торпедного оружия необходимо было обеспечить залповое применение торпед и их пространственное, как тогда говорили, «двухплоскостное» маневрирование в процессе преследования целей по командам аппаратуры самонаведения (АСН). Натурные испытания торпед проводились на глубоководных полигонах, и был достаточно высокий уровень риска потери опытных торпед.

Приборы управления оставались электромеханическими, ввод стрельбовой информации в торпеду осуществлялся с помощью шпindelных установщиков, все необходимые переключения в управляющих функциях выполнялись с использованием электромеханических устройств. Переключения выполнялись по результатам отсчёта пройденной дистанции с использованием информации об оборотах вала движителя, а механизм, осуществляющий эти переключения, входил в состав прибора курса. Таким образом, программа функционирования приборов управления реализовывалась на уровне схематехнических решений, и изменение заданной программы маневрирования влекло за собой изменение конструкции прибора.

Выполнение заданной программы функционирования блока приборов управления (БПУ) проверялось с использованием трёхступенных «статических» стендов, с помощью которых задавалось угловое положение БПУ, гидропрессов, подающих жидкость к датчикам давления, и аналоговой контрольно-приготовительной аппаратуры.

Определённый прогресс имел место в разработке элементной базы

аппаратуры самонаведения: на смену электронным лампам пришла полупроводниковая техника. Однако информационный обмен между приборами управления и аппаратурой самонаведения оставался односторонним: команда АСН – исполнение команд БПУ без информационной обратной связи.

Совместное функционирование систем управления и самонаведения проверялось в лабораторных условиях методами физико-математического моделирования с использованием серийных аналоговых вычислительных машин (АВМ) и элементов аппаратуры управления и самонаведения [2].

Понятие «информационно-управляющая система» ещё не сформировалось. Эта ситуация просуществовала до того момента, пока не началось проектирование торпед, предназначенных для применения с ПЛ третьего поколения.

В КАЧЕСТВЕ ОТСТУПЛЕНИЯ

В начале 60-х годов прошлого века в отделе систем управления НИИ-400 сложился коллектив молодых учёных и инженеров, которые пришли к выводу, что возможности электромеханических приборов управления для повышения тактико-технических характеристик перспективных торпед практически исчерпаны, и возникла необходимость «цифровизации» систем управления движением торпед. Руководитель отдела Р. В. Исаков эту инициативу поддержал, и в итоге появилась НИР «Бортмашина», целью которой было обоснование необходимости и возможности создания торпедной бортовой цифровой вычислительной машины (БЦВМ). В процессе выполнения этой НИР предполагалось решить ряд задач. Отметим две из них:

- разработка эффективных алгоритмов поиска и преследования ПЛ-це-

лей самонаводящимися торпедами с многорежимными по скорости энергосиловыми установками (ЭСУ);

- разработка «цифровых» алгоритмов управления движением, обеспечивающих повышение качества процессов управления.

Работы выполнялись в секторе цифровых автоматических систем отдела систем управления. Основными организаторами и вдохновителями этой работы были кандидаты технических наук М. А. Кузьмицкий, Л. Г. Манусевич, Л. С. Цветков и инженер С. С. Аникин.

Результаты этой НИР в ОКР того времени применения не нашли, однако определённый научный задел был создан.

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОГО АВТОМАТА КАК ЭЛЕМЕНТА ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

На протяжении достаточно длительного периода времени ввод стрельбовой информации в торпеды производился с помощью шпиндельных установщиков. В торпеду вводилась по максимуму следующая информация:

- два угла – ω и α или ω и $\Delta\varphi$, которые формировали заданную траекторию торпеды в горизонтальной плоскости на участке автономного движения при стрельбе по ПЛ или по НК;

- дистанция D_c после отсчёта которой начиналось функционирование аппаратуры самонаведения;

- информация, необходимая для функционирования АСН: «чёт/нечёт» («чётная» или «нечётная») при стрельбе по ПЛ или «ПБ/ЛБ» («правый борт» или «левый борт») при стрельбе по НК;

- $h_{зад}$ – заданная глубина хода: поисковая глубина h_p при стрельбе по ПЛ или боевая глубина h_b при стрельбе по НК.

Дополнительные величины, необ-

ходимые для задания режимов функционирования и траектории движения торпеды, были производными от двух величин – D_c и $h_{зад}$. Такой объём стрельбовой информации не способствовал повышению эффективности торпедных стрельб по скоростным уклоняющимся целям в различных гидрологических условиях.

При проектировании ПЛ третьего поколения проектанты ПЛ и заказчик приняли решение организовать ввод в оружие стрельбовой информации в цифровом виде. Это решение было принято в интересах ракетчиков для обеспечения ввода «полётного задания» в морские ракеты, которое требовало значительных объёмов априорной информации. Торпедистам пришлось подчиниться этому решению. Не будем перечислять номенклатуру вводимой в торпеду информации. В итоге в торпеду необходимо было ввести 32 шестнадцати разрядных слова. Канал связи, предложенный проектантом ПЛ, назывался УКС – унифицированный канал связи (не по ГОСТ). Таким образом, в торпеду должно было появиться устройство, предназначенное для приёма и запоминания достаточно большого объёма цифровой информации.

Как удалось выяснить значительно позже, у ракетчиков была специализированная БЦВМ, предназначенная для приёма и обработки необходимых объёмов информации. Однако по времени готовности эта БЦВМ торпедистов не устраивала. Ракетчикам было дано достаточно длительное время для приёма и обработки «полётного задания». А торпедистам этого времени дано не было.

С учётом требований по времени готовности, а это менее 0,5 с от момента подачи питания в приборы управления, торпедистам пришлось разрабатывать БЦВМ собственной конструкции. Она была разработана и названа скромно – цифровой автомат

(ЦА). Фактически это была полноценная управляющая ЦВМ, содержащая устройства ввода и вывода информации, постоянное (ПЗУ) и оперативное (ОЗУ) запоминающие устройства, процессор. Изюминкой конструкции ЦА было применение в ПЗУ ферритовых колец, что позволило обеспечить время готовности ЦА на уровне 0,2 с. БЦВМ была «доморощенная», для неё был разработан специфический язык, программирование выполнялось в кодах.

ЦА проектировался как универсальное устройство для приёма стрельбовой информации от шпиндельных установщиков, от электроконтактной системы ввода данных (ЭКСВД) и от унифицированной системы предстартовой подготовки торпед (УСППТ). Впервые ЦА был применён в составе изделия 2503.05 с вводом кодированной информации через блок контроля материнской части (БКМЧ) и устройство установки ввода (УУВ), содержащее в своём составе специальный разъём АЭРВД, предназначенный для стыковки торпеды с ТА ПЛ.

Функции ЦА в составе информационно-управляющей системы (ИУС):

- приём и запоминание стрельбовой информации;

- формирование заданных значений параметров движения для БПУ на участках автономного движения и на участках движения при управлении по командам АСН;

- анализ информации о выполнении заданных параметров движения (это обратная связь в информационном обмене с БПУ);

- вычисление скорости, пройденной дистанции и координат;

- отсчёт бортового времени;

- обмен информации с бортсетью.

Достаточно полное описание функционирования ЦА было приведено для первой модификации – ЦА 05. Это описание состояло из трёх частей:

1) описание управления торпедой,

т. е. описание поведенческих характеристик торпеды под управлением ЦА;

2) словесное описание программно-го обеспечения ЦА;

3) тексты программ на языке ЦА.

При описании функционирования последующих модификаций ЦА – ЦА28, а их было не менее пяти, вторая и третья части, как правило, опускались.

Функции ЦА в составе системы самонаведения – предмет отдельного рассмотрения. Отметим, что при разработке ЦА сложилось определённое разделение функций между специалистами. Алгоритмы управления и самонаведения формировали сотрудники, которые специализировались в области разработки и исследования соответствующих процессов. Эффективность предлагаемых алгоритмов обосновывалась результатами математического моделирования соответствующих процессов с использованием универсальных ЦВМ. Это кандидаты технических наук В. Н. Гурьянов, В. В. Климов, С. М. Маневич, Л. С. Цветков. Рабочие программы разрабатывали сотрудники, владеющие навыками программирования на специализированном языке ЦА: инженеры Н. А. Гохберг, М. Н. Зуева, Л. П. Степанова. Так начало формироваться новое направление в проектировании информационно-управляющих систем торпед – разработка программно-алгоритмического обеспечения (ПАО).

Структура аппаратной части информационно-управляющей системы торпеды, содержащей ЦА, приведена на рисунке 1. Из рисунка следует, что ЦА является ядром информационно-управляющей системы: он получает стрельбовую информацию от носителя перед залпом, текущую информацию от аппаратуры самонаведения и управляет программами, реализованными в БПУ, для формирования заданных переключений рулей.

Связь ЦА с носителем существует в режиме диалога только до залпа, и стрельба ведётся по принципу «выстрелил – забыл», что и отражено штриховой линией на рисунке 1.

ния «низа» $h_{ор}$, боевой h_b и при необходимости изменение коэффициентов усиления сигналов в управляющих функциях. Наличие в программе ЦА достаточно точного таймера позволи-

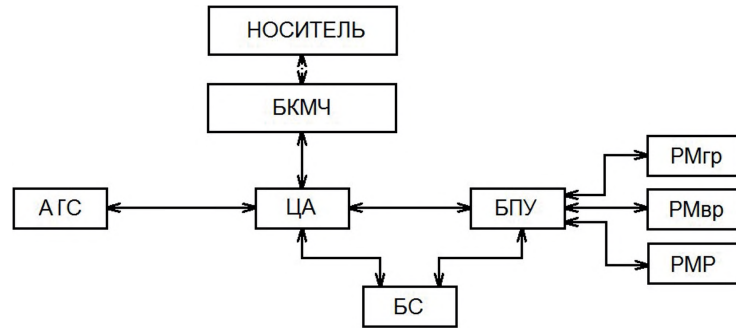


Рисунок 1 – Структура аппаратной части ИУС с ЦА:

БКМЧ – блок контроля материальной части; АГС – акустическая головка самонаведения, БС – бортовая сеть торпеды; РМгр, РМвр, РМР – рулевые машинки горизонтальных рулей, вертикальных рулей и рассогласования рулей соответственно (они являются оконечными устройствами аппаратной части ИУС)

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИЙ МЕЖДУ ЦА И БПУ

Программа БПУ определяет параметры ориентации и формирует управляющие функции для задания переключений рулей. Траектория движения корабельной торпеды на участке автономного движения задаётся в системе координат, связанной с осью ТА в момент залпа. «Хранителями» этой системы координат являются трёхступенные гироскопические приборы – датчик курса (ДК) и датчик дифферента и крена (ДДК), которые разаретируются при стравливании торпеды в трубе ТА. Определение ориентации текущей (сопровождающей) вертикали реализуется на аппаратном уровне за счёт конструкции ДДК. Программа ЦА обеспечивает формирование заданных значений кинематических параметров движения для управляющих функций, в том числе углов ω и α или ω и $\Delta\varphi$, а также глубин поисковой $h_{п}$, ограничения «верха» $h_{об}$, ограниче-

ло осуществлять ряд переключений в управляющих функциях не только по отчёту пройденной дистанции, но и по отчёту бортового времени. Более подробную информацию о БПУ и ЦА можно найти в [3].

У ЦА, как элемента ИУС торпеды, есть неоспоримое достоинство – малое время готовности. С момента начала разработки ЦА прошло более 50 лет, а по этому показателю отечественным приборостроением ничего подобного пока не создано. С другой стороны, у ЦА есть существенный недостаток – ограниченная гибкость при необходимости перепрограммирования.

Программа ПЗУ была реализована в виде матрицы, состоящей из проводников и ферритовых колец, под жаргонным названием «коса». Эта «коса» впаивалась в электросхему ЦА. Изменения программы ПЗУ, а такое имело место при отработке опытных образцов торпед или при необходимости корректировки поведенческих харак-

теристик серийных образцов, влекло за собой извлечение старой «косы» и изготовление новой. Надо отдать должное разработчикам ЦА: они разработали конструкцию специального станка для автоматизированного формирования «косы» по программе ПЗУ, записанной на перфоленте, и организовали его изготовление. Далее изготовленная «коса» попадала к электро-монтажникам, а в процессе распайки были возможны ошибки. Проверка правильности функционирования ЦА с новой программой выполнялась методом физико-математического моделирования на комплексе имитационного моделирования (КИМ). Проверялись все ветки программы ЦА. Работа достаточно трудоёмкая, но успешное проведение проверок было необходимым условием обеспечения желаемой работы ЦА в составе торпеды. Работы по корректировке и проверке ПАО ЦА, начатые более 40 лет назад, проводились ещё и в первом десятилетии XXI века. Активное участие в организации и проведении этих работ принимала Н. А. Гохберг.

Методологические основы построения и применения комплекса физико-математического моделирования процессов управления и самонаведения торпед наиболее полно изложены в [4]. Комплекс, который применялся для проверки ИУС торпед, содержащих в своём составе ЦА и БПУ Б26, имел свои особенности. Они определялись конструкцией аппаратуры и требованием проверки совместного функционирования систем управления и самонаведения в условиях, приближённых к условиям применения торпед при выполнении стрельб. При проведении лабораторных экспериментов ударные и вибрационные воздействия на аппаратуру, естественно, не имитировались.

Необходимо было имитировать:

- информационные потоки между аппаратами;

- сигналы на входе АГС;
- сигналы, вырабатываемые БПУ при пространственных эволюциях торпеды.

Первое требование выполнялось за счёт соединения всех аппаратов по «торпедной» схеме. Второе требование выполнялось за счёт включения в контур моделирования специально разработанного имитатора гидроакустических сигналов (ИГАС) – аналогового устройства, которое формировало сигналы, аналогичные сигналам на выходе приёмозлучающего устройства АСН. А с выполнением третьего требования возникли определённые трудности. Наличие трёхступенного динамического стенда, на который можно было бы установить БПУ массой 30 кг, решило бы проблему. Однако такого стенда в нашем распоряжении не было, и пришлось искать выход из создавшегося положения. Такой выход был найден благодаря тому, что у нас сохранились достаточно точные и мощные следящие системы, которые входили в состав списанной ранее АВМ «Электрон».

Для решения третьей задачи из БПУ были извлечены ДК, ДДК, ДУС ω_z , ДУС ω_x и датчик давления. Чувствительные элементы ДК, ДДК, а также ДУС и потенциометр датчика давления были установлены на осях следящих систем с сохранением связей с электросхемой БПУ. Сигналы, управляющие следящими системами, формировала АВМ, на которой были реализованы: математические модели динамики торпеды, модели кинематики чувствительных элементов БПУ и модель рулевого привода. В создании этого комплекса участвовала большая группа сотрудников отдела. Особо следует отметить вклад инженеров В. Н. Хворостяного, М. И. Херузе и слесаря В. Н. Хурманенко. Структура части этого уникального комплекса приведена на рисунке 2.

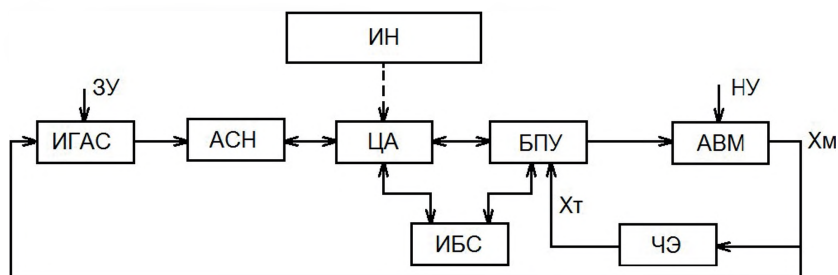


Рисунок 2 – Структура фрагмента комплекса ФММ ИУС с ЦА и БПУ:

ИИ – имитатор носителя, связь односторонняя, режим диалога не имитируется;
 ЧЭ – чувствительные элементы БПУ, установленные на следящих системах;
 индекс «м» присвоен кинематическим параметрам, вычисленным АВМ; индекс «т» присвоен кинематическим параметрам, которые интерпретировались как текущие кинематические параметры для формирования управляющих функций; ИБС – имитатор бортовой сети торпеды;
 НУ – начальные условия движения цели и торпеды; ЗУ – заданные установки по характеристикам целей и гидрологическим условиям

Комплекс был достаточно громоздким, сложным в эксплуатации, и все участники работы вздохнули с облегчением, когда на смену БПУ с электро-механическими гироскопами пришли цифроаналоговые БПУ, построенные по принципу бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС), о чём будет сказано ниже. Тем не менее с использованием этого комплекса был решён ряд задач по отработке и проверке алгоритмов совместного функционирования систем управления и самонаведения торпед ТЭ2-01 и ТЭ2-02, укомплектованных ЦА28, БПУ Б26 и АСН «Керамика», что обеспечило их передачу в серийное производство.

Отметим, что с внедрением ЦА структура управляющих функций, реализованных в электро-механических БПУ, принципиально не изменилась. В качестве новшества можно отметить задание угла рыскания на автономном участке траектории движения с учётом широтной поправки, что позволило обеспечить выход торпеды в заданную область акватории с заданной ориентацией по углу рыскания с учётом вращения Земли, чего раньше в торпедах со шпиндельными установщиками не могло быть реализовано.

С учётом отмеченных достоинств и несмотря на отмеченные недостатки, ЦА совместно с БПУ Б21 или Б26 успешно эксплуатировался и продолжает эксплуатироваться в составе изделий 2503.05, 2503.10, 2503.300, 2556, 2562.

ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА С БПУ, ПОСТРОЕННАЯ ПО ПРИНЦИПУ БИНС

В начале 90-х годов прошлого века на нашем предприятии началась разработка авиационной противолодочной торпеды по теме «Пилон» (изд. 2606). Торпеда проектировалась для применения с самолётов, вертолётов в режиме полёта и висения, в последнем случае, и с телеуправлением, и в составе ракетных противолодочных комплексов (РПК), предназначенных для применения из ТА ПЛ. Определённый задел по проектированию системы управления торпед с таким назначением у нашего предприятия был. Достаточно вспомнить торпеду УМГТ-1, которая успешно применялась с самолётов, вертолётов, правда без телеуправления, и в составе РПК «Водопад», «Водопад-НК», «Водопад-НКУ», «Раструб» и «Ветер» [5].

В состав системы управления торпеды УМГТ-1 входил БПУ с электро-механическими датчиками кинематических параметров движения. В качестве таковых в этом БПУ использовались два маятниковых датчика угла, три электро-механических ДУС, два датчика давления. Формирование управляющих функций выполнялось с использованием операционных усилителей. Программа движения торпеды после приводнения была достаточно простой: управляемое заглубление с «нулевыми» угловыми скоростями ω_y и ω_z , выход на заданную глубину с плавно уменьшающимся углом дифферента и поисковая циркуляция в боковой плоскости с заданной угловой скоростью. Выполнение программы обеспечивалось на аппаратном уровне с использованием электро-механических устройств.

При создании новой торпеды перед разработчиками системы управления был поставлен ряд принципиально новых задач. Отметим три из них:

- обеспечить после приводнения выход торпеды в заданную точку акватории с заданной ориентацией по курсу;
- обеспечить выполнение поисковой траектории по «змейке» относительно генерального курса;
- обеспечить, совместно с разработчиками системы самонаведения, выведение торпеды в процессе атаки в заданную область ПЛ-цели с заданной ориентацией.

Для этой торпеды разрабатывалась принципиально новая цифроаналоговая АСН. Был принят следующий порядок разработки АСН: головной разработчик – наше предприятие (ЦНИИ «Гидроприбор»), наши специалисты разрабатывают аналоговую часть АСН и ПАО для вторичной обработки гидроакустических сигналов, а разработка цифровой части АСН поручается контрагенту. Разрабатывается новый протокол информационного обмена

между БПУ и бортовым вычислительным устройством (БВУ) АСН по стандартному каналу магистрального параллельного интерфейса (МПИ). Так впервые в нашей практике в торпедной появилась двухпроцессорная информационно-управляющая аппаратура.

Ни одна из вышеперечисленных задач управления движением авиационной противолодочной торпеды в отечественном торпедном приборостроении ранее не решалась. Было очевидно, что с использованием трёхступенных электро-механических гироскопов первая задача не могла быть решена в принципе. Торпедные трёхступенные гироскопы не допускали изменение дифферента в диапазоне от 0 до -90 град, возможное на воздушном участке траектории. Известный опыт применения трёхступенных гироскопов в составе БПУ авиационной противокорабельной торпеды РАТ-52 не проходил из-за отсутствия креновыравнивания на воздушном участке траектории у проектируемой торпеды.

Выход из сложившейся ситуации был найден с помощью специалистов московского НИИ приборостроения (НИИП). Они предложили применить в торпедной в качестве БПУ прибор, разрабатывавшийся первоначально для использования в составе единой системы управления ракеты и торпеды, шифр АБ 121. Этот БПУ был разработан по принципу БИНС, в нём в качестве датчиков информации о кинематических параметрах движения использовались лазерные ДУС и акселерометры, параметры ориентации – углы рыскания, дифферента, крена и координаты определялись в результате вычислительной процедуры, реализованной в БЦВМ. Датчики информации о кинематических параметрах движения были установлены в едином конструктиве, получившем название гиринерциальный блок (ГИБ). БИНС является интегратором, а

интегрирование показаний датчиков кинематических параметров высокоманевренных изделий в темпе реального времени с требуемой точностью – задача достаточно сложная. Не случайно один из руководителей НИИП Б. Н. Гаврилин отметил, что разработка собственной БЦВМ «Заря» являлась одним из главных достижений коллектива [6], тем более что была разработана не только аппаратная часть БЦВМ, но и специальное ПАО для неё.

Основным достоинством БПУ АБ 121 являлось то, что он определял ориентацию торпеды при любом сочетании углов рыскания, дифферента и крена на воздушном и подводном участке траектории движения. Но это было не единственное достоинство: БПУ вычислял координаты торпеды в заданной носителем системе координат. Это было необходимо для выведения ракеты в заданную область пространства с заданной ориентацией. Это же было необходимо для решения первой из перечисленных выше задач управления движением торпеды. Для обеспечения решения этой задачи в БПУ с носителя должен был вводиться массив информации,

необходимый для предстартовой выставки БИНС. Единственное, чего не было в исходном варианте конструкции БПУ, это возможности управления движением торпеды по глубине. Эта задача была решена специалистами НИИП совместно с нашими специалистами следующим образом: измеритель глубины – датчик давления размещался в приборном отсеке торпеды и подключался к БПУ как внешнее устройство. Управляющие функции, вычисленные в БПУ, поступали на вход рулевого привода (РП), состоящего из аналогового блока усилителей мощности (БУМ) и четырёх электромеханических РМ.

Структура аппаратной части ИУС проектируемой торпеды приведена на рисунке 3. Очевидно, что её ядром становится БПУ, и принципиальным является вопрос разработки ПАО для него.

В связи с отсутствием в составе ИУС цифрового автомата, выполнение всех его функций было возложено на БПУ. Таким образом, разработчики ПАО БПУ должны были обеспечить его информационный обмен с внешними абонентами, а это обмен информацией с носителем, с АСН, с бортсе-

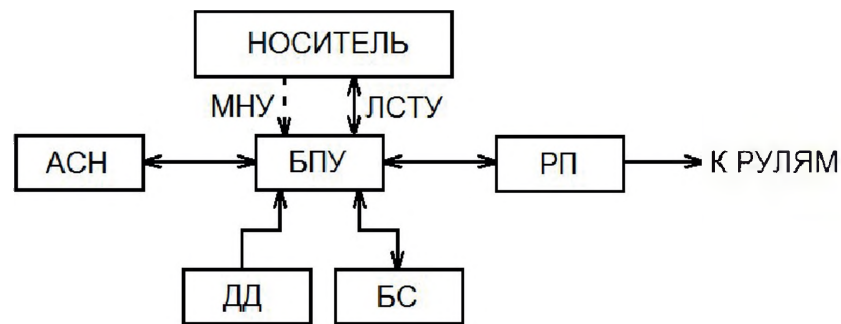


Рисунок 3 – Структура аппаратной части ИУС с АБ121:

МНУ – массив начальных установок, т. е. стрельбовая информация, вводимая перед сбросом торпеды с носителя, ЛСТУ – линия связи телеуправления, канал непрерывного обмена между носителем и торпедой в процессе телеуправления; РП – рулевой привод, который является окончательным устройством аппаратной части ИУС (РП с четырьмя независимыми рулями разрабатывало для нас предприятие «Луч», г. Киев)

тью, с регистратором. Разработка ПАО БПУ выполнялась совместно специалистами НИИП и нашими специалистами. Все рабочие программы, реализованные в БПУ АБ 121, были разработаны специалистами НИИП. Программирование велось на языке низкого уровня. Алгоритмы программ разрабатывались как специалистами НИИП, так и специалистами нашего предприятия.

Алгоритмы программ были разделены на две группы:

- алгоритмы программ, организующих функционирование БЦВМ, и алгоритмы, являющиеся атрибутом БИНС. Это алгоритмы программ обмена БПУ с носителем и внешними абонентами, алгоритмы вычисления параметров ориентации и навигации;

- алгоритмы, обусловленные спецификой применения торпеды. Это алгоритмы формирования управляющих функций на участках автономного движения, самонаведения и телеуправления и алгоритмы, определяющие схему действия изделия: алгоритм управления режимами работы ЭСУ, алгоритмы выработки информации для обмена с бортсетью.

Первую группу алгоритмов разрабатывали специалисты НИИП, вторую группу – специалисты нашего предприятия. Основной разработчик алгоритмов второй группы – инженер А. С. Кириченко. Алгоритмы передавались специалистам НИИП в форме словесных описаний и необходимых математических зависимостей. Разработка управляющих функций для управления четырьмя независимыми рулями особых трудностей не вызвала, подобный опыт у нас уже был. Он был получен в процессе проектирования системы управления торпеды ДСТ [2].

В процессе совместных работ оказалось, что есть алгоритмы программ на стыке интересов разработчиков двух предприятий. В частности, представлялось целесообразным организо-

вать комплексирование информации, вырабатываемой БИНС о скорости движения торпеды, с информацией об оборотах вала движителя. Эта информация ранее использовалась в ИУС торпед с ЦА. Так же представлялось целесообразным комплексирование информации торпедного датчика давления с информацией о координате Y («высоте»), вырабатываемой БИНС. Соответствующие программы были разработаны специалистами НИИП и внедрены в БПУ АБ 121.

Остановимся на алгоритмах программ, которые разрабатывали наши специалисты. Поскольку на начальном участке движения после приведения торпеды угол дифферента мог изменяться от 0 до -90 град, а крен мог быть произвольным, то управляющие функции всех рулей формировались с использованием параметров ориентации в виде направляющих косинусов. Выбор заданных значений регулируемых параметров, коэффициентов усиления и ограничений выполнялся с учётом требования обеспечить скорейший выход торпеды на заданный угол рыскания и заданную глубину с минимальными переуглублениями и подвсплытиями. После выполнения начального участка движения включался алгоритм формирования управляющих функций, который должен был обеспечить выход торпеды в заданную точку начала поиска ПЛ-цели с заданной ориентацией. После выхода в эту точку формирование заданных значений кинематических параметров движения передавалось БВУ. Была предусмотрена возможность выполнения следующих команд:

- выполнить заданную глубину;
- выполнить заданный угол рыскания;
- выполнить заданный угол дифферента;
- выполнить циркуляцией с заданными угловыми скоростями в боковой и

продольной плоскости.

Была предусмотрена выработка БПУ для БВУ информации о выполнении команд – выдача «квитанций».

Алгоритм программы формирования управляющих функций по командам БВУ был составлен с учётом задания параметров ориентации углами Эйлера – Крылова, т. е. углами рыскания, дифферента и крена. Аналогично был составлен алгоритм программы управления по командам аппаратуры телеуправления. Математические зависимости для вычисления управляющих функций здесь и далее не приводятся. Это предмет отдельного изложения.

Итак, ПАО БПУ АБ 121 разработано. Его эффективность подтверждена результатами математического моделирования процессов управления. Рабочие программы загружены в БПУ. Оставалось проверить функционирование БПУ в условиях приближённых к реальным, т. е. в составе комплекса физико-математического моделирования. Новый имитатор гидроакустических сигналов для проверки функционирования АСН, цифроаналоговое устройство, был разработан и изготовлен. А для проверки БПУ был необходим имитатор функционирования гироскопического блока – имитатор блока датчиков (ИБД), т. к. применение самого совершенного трёхступенчатого динамического стенда не могло обеспечить имитацию функционирования на подвижном основании БПУ, содержащего в своём составе и ДУС, и акселерометры.

Переговоры со специалистами НИИП о внедрении ИБД зашли в тупик, т. к. его внедрение требовало доработки конструкции БПУ, а специалисты НИИП с этой работой не спешили. Ситуация тупиковая: выходить на натурные испытания без полноценной проверки функционирования новой техники не допустимо, а проверять её функционирование не на чем.

Ситуация разрешалась сама собой: разработка торпеды по теме «Пилон» была прекращена по причинам, не связанным с разработкой ИУС.

Что в «сухом остатке»? Мы получили опыт разработки ПАО для БПУ, построенного по принципу БИНС, и установили хорошие производственные отношения со специалистами НИИП, что не раз нам пригодилось впоследствии.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ БПУ

Середина 90-х годов прошлого века – тяжёлые времена для большинства предприятий оборонной промышленности. Нашему предприятию повезло: китайская государственная судостроительная корпорация заказала нашему предприятию разработку универсальной телеуправляемой торпеды, шифр 211 ТТ1. Особенности проекта определялись требованием заказчика: разработать торпеду калибра 53 см с массогабаритными характеристиками, приближающимися к характеристикам торпеды стандарта НАТО, длиной около 6 м. Предварительная проработка компоновки торпеды показала, что существующие торпедные приборы БПУ и ЦА по габаритам «не проходят», а возможность заказа разработки новых приборов управления Киевскому заводу автоматики им. Г. И. Петровского исключалась. Тогда наши руководители обратились к руководству НИИП с предложением разработать более компактный БПУ для проектируемой торпеды. Руководство НИИП предложение приняло, и в результате совместной работы появился БПУ БИНСУ-601, что расшифровывается как «бесплатформенная инерциальная навигационная система управления». Этот БПУ должен был выполнять функции ЦА28 и БПУ Б26, а по длине быть в два раза короче. В состав этого БПУ входили: ГИБ,

аналогичный применённому в составе БПУ АБ 121, и БЦВМ «Заря», также аналогичная применённой в составе АБ 121. АСН представляла собой новую разработку, выполненную нашими специалистами.

ПАО БПУ БИНСУ-601 разрабатывалось по аналогии с разработкой ПАО БПУ АБ 121: все рабочие программы разрабатывали специалисты НИИП, а алгоритмы специфических для БПУ программ и необходимые математические зависимости разрабатывались нашими специалистами. В БИНСУ-601, как и в последующих аналогичных разработках, учёт вращения Земли и изменение ориентации сопровождающей вертикали выполнялись на аппаратно-программном уровне с использованием информации ДУС и акселерометров. Так что наша совместная работа, о которой рассказывалось выше, оказалась более чем востребованной. Здесь уместно отметить важную роль, которую сыграл заместитель начальника отдела О. Л. Рыклин в организации этой работы.

Ещё одной особенностью торпеды 211 ТТ1 была гидродинамическая компоновка. Наш главный конструктор торпеды принял решение проектировать оперение по аналогии с оперением американской торпеды Мк.48, а именно с четырьмя неподвижными традиционно расположенными стабилизаторами и четырьмя Х-образно расположенными рулями. Угол поворота каждого из рулей задавался суммарным сигналом всех трёх каналов управления – курса, глубины и крена. Для нас это была новая задача, и для организации такого управления нами были разработаны принципиально новые управляющие функции и проведено исследование качества процессов управления на всех участках траектории движения торпеды методами математического моделирования [7]. Основным разработчиком управляющих

функций был к.т.н. В. В. Томанов.

Разработка проекта приближалась к завершению. На финише разработки заказчик предъявил требование подтвердить эффективность совместного функционирования систем управления, телеуправления и самонаведения методом физико-математического моделирования. Требование вполне законное, тем более что первичная обработка информации АСН выполнялась цифроаналоговыми элементами, а программы, реализующие алгоритмы вторичной обработки информации систем самонаведения и телеуправления, были «защиты» в БПУ. Для имитации пространственного движения торпеды необходимо заменить ГИБ на ИБД, однако его у нас не было, да и конструкция БПУ БИНСУ-601 не позволяла заменить ГИБ на ИБД. Надо было искать выход из сложившегося положения. И такой выход был найден: разработать математическую модель БПУ и реализовать её на персональном компьютере с сохранением связей с аппаратурой самонаведения и телеуправления. Заказчик с таким предложением согласился, а далее надо было эту модель разработать и включить её в контур физико-математического моделирования процесса функционирования ИУС торпеды 211 ТТ1.

В то время у наших специалистов было весьма смутное представление об устройстве персональных компьютеров. В решение задачи включения математической модели БПУ БИНСУ-601 в контур физико-математического моделирования большую помощь нам оказали специалисты ЛЭТИ. Структура фрагмента комплекса приведена на рисунке 4.

Из рисунка 4 следует, что ядром аппаратной части ИУС торпеды остаётся БПУ, в данном случае его математическая модель. Эта структура является частью структуры, описание которой приведено в [8]. Отметим, что она

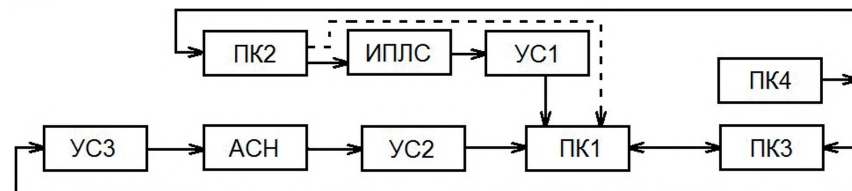


Рисунок 4 – Структура комплекса ФММ с математической моделью БИНСУ-601:

ПК 1 – персональный компьютер, на котором реализована математическая модель БПУ БИНСУ-601; ПК 2 – персональный компьютер, на котором реализована имитация информационного обмена носителя с БПУ при вводе стрельбовой информации перед залпом и в процессе телеуправления; ПК 3 – персональный компьютер, на котором реализованы математические модели динамики торпеды, рулевого привода и бортсети; ПК 4 – персональный компьютер, управляющий работой комплекса физико-математического моделирования; ИПЛС – имитатор проводной линии связи; УС 1, УС 2 и УС 3 – устройства согласования физической аппаратуры с ПК, при этом УС 3 – это ИГАС, специально разработанный для новой цифроаналоговой АСН

была разработана лет на 15 раньше, чем приведённая в [8].

В процессе разработки ПАО для математической модели БПУ нам пришлось на программном уровне решать задачи, которые ранее специалистами НИИП были решены на аппаратно-программном уровне. Это задачи информационного обмена с носителем в процессе предстартовой подготовки и в процессе телеуправления. Отметим, что протоколы обмена БПУ с носителем, предложенные заказчиком, существенно отличались от протоколов, принятых в нашей практике. Заказчик предложил организовать обмен между носителем и торпедой в процессе ввода стрельбовой информации по каналу RS232, а в процессе телеуправления – дуплексный обмен информацией по однопроводной линии связи, т. е. одновременную передачу команд телеуправления с ПЛ на торпеду и передачу информации с торпеды на ПЛ. Такого в наших системах телеуправления не было.

Что принципиально важно, все программы для математической модели БПУ были разработаны нашими специалистами на языке С++. Этот опыт в дальнейшем был востребован. Отметим, что в математической модели БПУ были реализованы алгоритмы, обеспечивающие его функциони-

рование в составе систем управления, самонаведения на НК, самонаведения на ПЛ и телеуправления. Соответственно специфические алгоритмы и тексты программ разрабатывались разными специалистами. Это был наш первый опыт разработки программ БПУ по модульному принципу с согласованием входов и выходов каждого из программных модулей между исполнителями. Основными разработчиками программ, обеспечивающих моделирование функционирования системы управления, были инженеры Г. А. Битков и А. С. Кириченко.

Работы по проверке совместного функционирования систем управления и самонаведения на комплексе физико-математического моделирования были успешно завершены в полном соответствии с определением этих систем, приведённом в [9], а именно: система управления – совокупность объекта управления, собственно торпеды, и аппаратуры управления, взаимодействующие между собой; система самонаведения – совокупность торпеды, содержащей аппаратуру управления и самонаведения, цель, ПЛ или НК, и канал связи между целью и торпедой.

Функционирование системы телеуправления как замкнутой системы не проверялось, поскольку заказчик

не представил алгоритмы функционирования корабельной аппаратуры телеуправления. Был проверен обмен информацией между математической моделью носителя и математической моделью БПУ через имитатор ПЛС. Заказчик проект принял. Однако нашего участия в продолжении разработки торпеды 211 ТТ1 не последовало.

СНОВА ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА С БПУ, ПОСТРОЕННАЯ ПО ПРИНЦИПУ БИНС (ЗИГЗАГИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ)

В начале XXI века на нашем предприятии началась разработка принципиально нового противолодочного минно-торпедного комплекса (МТК). Официально эта работа шла под названием «модернизация». Фактически заказчик потребовал разработать минную аппаратуру, обладающую принципиально новыми качествами. Для торпедистов изменения сводились к тому, что была расширена номенклатура стрельбовой информации, вводимой в боевую часть (БЧ), и традиционный циркуляционный поиск ПЛ-цели, который имел место во всех предыдущих комплексах («Лоцман-2», «Лоцман-Д», «Сосняк») должен быть заменён выходом в заданную точку начала поиска с заданной ориентацией. Задача для разработчиков системы управления не новая – она была в принципе решена при проектировании авиационной торпеды, о чём уже писалось выше. Вопрос состоял в выборе аппаратуры управления. Вопрос с выбором АСН был решён однозначно: это была так и не востребованная ранее аппаратура, которая разрабатывалась для торпеды по теме «Пилон».

А с аппаратурой управления дело обстояло несколько иначе. К тому времени у нас уже был создан некоторый научно-технический задел по разработке БПУ, построенного по

принципу БИНС. Эксперименты проводились на доступной нам элементной базе – электромеханических ДУС и персональных компьютерах. В результате этих работ была разработана конструкторская документация и разработаны алгоритмы функционирования БПУ. Эффективность разработанных алгоритмов была подтверждена результатами математического моделирования процессов управления. Этим работ оказалось достаточно для закрытия очередного этапа разработки проекта. Но одно дело – расчётно-теоретические исследования и лабораторные эксперименты, и совсем другое дело – подготовка изделия к натурным испытаниям в обеспечении будущего серийного производства БПУ для оружия. В итоге руководство проекта приняло решение комплектовать БЧ блоком приборов управления АБ 121У разработки НИИП. Этот БПУ должен был взаимодействовать с новым аналоговым РП, разработанным для проектируемой БЧ.

Разделение работы по созданию ПАО БПУ оставалось прежним: рабочие программы разрабатывали специалисты НИИП, а специалисты нашего предприятия разрабатывали алгоритмы программ для решения новых задач управления. Одной из таких задач была задача выбора заданного направления движения и глубины хода БЧ после выхода из пусковой установки с учётом информации о цели и о положении и вращении самой пусковой установки. Алгоритмы программ и математические зависимости были разработаны специалистами нашего предприятия. Основным разработчиком математических зависимостей для обработки стрельбовой информации был В. В. Томанов, математические зависимости для вычисления заданного направления и глубины хода БЧ разработал В. Н. Хворостяной.

Структура аппаратной части ИУС БЧ принципиально не отличалась от

структуры, приведённой на рисунке 3. Небольшие отличия состояли в том, что отсутствовала связь БПУ с носителем по ПЛС и рулевой привод стал трёхканальным. Для разработчиков системы управления принципиальным было то, что за прошедшее время специалисты НИИП доработали конструкцию БПУ в части возможности отключения ГИБ и подключения ИБД для проведения лабораторных исследований, разработали ИБД и передали его нам с соответствующей документацией.

ИБД представлял собой устройство, которое принимало от математической модели динамики торпеды по параллельному потоку информацию о компонентах вектора угловой скорости, линейного ускорения и глубине, вычисленных в персональном компьютере, и формировало сигналы, аналогичные сигналам с выхода ГИБ и датчика давления по внутреннему интерфейсу БПУ. С использованием этого ИБД на нашем предприятии были проведены проверки функционирования нового БПУ методами физико-математического моделирования, результаты которых подтвердили выполнение заданных программ движения БЧ в соответствии с введённой стрельбовой информацией и маневри-

рование по командам АСН. Структура фрагмента комплекса физико-математического моделирования приведена на рисунке 5.

А дальше в разработке минно-торпедного комплекса наступила пауза.

О НАШИХ НЕУДАЧАХ

В конце прошлого века наше предприятие приняло участие в разработке торпеды «Физик». Главным разработчиком торпеды был НИИ мортеплотехники, а нашему предприятию была поручена разработка аппаратной части ИУС. В её состав входили: НВ, торпедный блок телеуправления (ТБТУ), РП – всё это нашей разработки – и БПУ АБ-123 разработки НИИП. Применение БПУ АБ-123 было определено результатами конкурса, объявленного заказчиком на разработку БПУ для торпеды «Физик»: победа в конкурсе была присуждена НИИП. В состав БПУ были включены ГИБ и БЦВМ, аналогичные применённым в БПУ АБ 121. К тому моменту наш опыт разработки ИУС с БПУ, построенным по принципу БИНС для корабельных торпед, сводился к разработке ИУС для торпеды 211 ТТ1.

Что касается АСН, это была принципиально новая цифроаналоговая

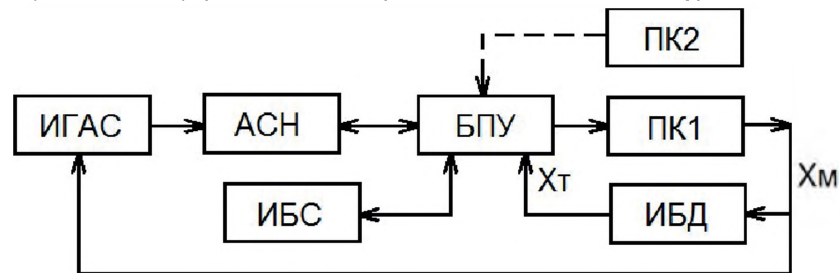


Рисунок 5 – Структура фрагмента комплекса ФММ с ИБД и БПУ АБ121У:

ИБД – имитатор блока датчиков, ПК1 – компьютер, на котором реализованы математические модели динамики торпеды, вычисление векторов угловой скорости, линейного ускорения и глубины, математическая модель рулевого привода; X_m – параметры движения БЧ, определённые в результате моделирования процесса управления; X_T – те же параметры движения, представленные в виде, необходимом для их обработки в БПУ; ПК2 – компьютер, на котором реализован информационный обмен БЧ с аппаратурой МК

аппаратура, предназначенная для применения в составе перспективных торпед калибра 53 см. В соответствии с принятой практикой проектирования это была совместная разработка: аналоговую часть АСН и ПАО для вторичной обработки гидроакустических сигналов разрабатывали наши специалисты, а разработка цифровой части была поручена контрагенту. В данном случае в качестве такового был выбран НИИП. При этом вопрос о разработке ИГАС для новой аппаратуры не возникал.

Структура аппаратной части ИУС в основном соответствовала структуре, приведённой на рисунке 3.

Функции БПУ в составе ИУС торпеды «Физик» традиционные: приём и запоминание стрельбовой информации от носителя, вычисление параметров ориентации и навигации, формирование управляющих функций для управления РП на всех участках траектории движения, вычисление скорости, пройденной дистанции, координат и информационный обмен с АСН, ТБТУ и бортсетью. Пройденная дистанция вычислялась с использованием информации об оборотах вала двигателя и расчётной поступи, координаты вычислялись путём интегрирования расчётной скорости, а расчётная скорость определялась в результате комплексирования информации БИНС и информации об оборотах вала двигателя и его поступи. В соответствии с принятым порядком проектирования нами были разработаны управляющие функции, и их эффективность была подтверждена методом математического моделирования.

Разделение работ по разработке ПАО БПУ также было традиционным: «стандартные» программы для БЦВМ БПУ в том числе программы комплексирования информации, разрабатывали специалисты НИИП, а алгоритмы программ, обусловленные спецификой функционирования изделия, раз-

рабатывали специалисты нашего предприятия. Эти алгоритмы, дополненные необходимыми математическими зависимостями, передавались в НИИП в виде словесных описаний.

В процессе натурных испытаний торпеды в полигонных условиях было установлено, что торпеда «Физик», укомплектованная АСН нашей разработки и БПУ АБ 123, не обнаруживала цель в ситуациях, когда она должна быть обнаружена. Причину anomального функционирования ИУС на месте проведения испытаний установить и устранить не удалось, и испытания торпеды «Физик», укомплектованной аппаратурой разработки нашего предприятия, были прекращены. Последствия этого решения для нашего предприятия были достаточно тяжёлыми: разработка аппаратной части ИУС торпеды «Физик» была передана нашему конкуренту.

По поводу причин этого провала было высказано несколько разноречивых мнений. Автор, как участник «разбора полётов» после проведения натурных испытаний, излагает свою версию.

Апостериорное расследование причин нашей неудачи, проведённое на территории нашего предприятия, показало следующее. Разработчик торпеды выдал ошибочные данные о поступи двигателя. Поступь – это путь торпеды за один оборот вала двигателя, величина поступи используется для расчёта скорости торпеды и пройденного пути. БПУ, построенный по принципу БИНС, без использования априорной информации и информации об оборотах вала двигателя скорость движения торпеды на прямом ходу определить не может [10]. Вместе с тем на циркуляции БПУ с использованием выработанной им информации об угловых скоростях, о линейных ускорениях и о параметрах ориентации может вычислить скорость хода торпеды. Это стандартная программа

алгоритма навигации. Оказалось, что вычисленная БПУ скорость движения торпеды в процессе выполнения разворотов по углу рыскания на поисковой змейке на значительное количество узлов выше, чем скорость на прямом ходу, чего в принципе быть не может [11]. При выполнении торпедой разворотов по углу рыскания действительно имеет место изменение скорости, но это было снижение скорости и не такое значительное, как было зафиксировано системой регистрации по информации БПУ в натурном эксперименте. В результате функционирования программы комплексирования информации наблюдались значительные периодические колебания оценки скорости, и БПУ выдавал в АСН ошибочную информацию о скорости хода торпеды. Эта ошибочная информация приводила к изменению настроек АСН и необнаружению цели. О тонкостях настройки системы фильтров нашей АСН, может быть, напишут другие специалисты.

Принципиальный вопрос: как такое могло произойти? А ответ простой: после получения нового БПУ АБ 123 и изготовления новой АСН руководители проекта не предусмотрели проведения проверки совместного функционирования систем управления и самонаведения методом физико-математического моделирования с применением ИБД и ИГАС. А такие работы представляются обязательными при проектировании новой техники. Программа комплексирования информации о скорости, выработанной автономно БИНС, и информации о скорости, определённой по оборотам вала движителя, реализованная в БПУ АБ 123, оказалась некорректной. Эта некорректность могла быть обнаружена при проведении физико-математического моделирования процессов управления и самонаведения. Однако наше руководство не было озабочено получением от НИИП ИБД,

хотя переговоры о поставке его нам шли достаточно давно, и о разработке ИГАС.

Одним из результатов этих событий было принятие решения: впредь при разработке ПАО БПУ скорость хода изделий определять с использованием только информации о расчётной поступи, текущих оборотах вала движителя и при необходимости информации об угле дифферента и векторе угловой скорости. Расчёты пройденной дистанции и координат должны выполняться с использованием информации о числе импульсов формирователя импульсов дистанции (ФИД) и расчётной поступи. Таким образом, БПУ, построенный по принципу БИНС, превратился в БСО – бесплатформенную систему ориентации, а при подключении датчика давления в качестве измерителя глубины – в СУОГ (систему управления ориентацией и глубиной). Эти термины были предложены учёными Санкт-Петербургского морского технического университета.

РАЗРАБОТКА БПУ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ МТК

После некоторой паузы вновь возникла необходимость организации серийного производства противолодочного МТК, о котором речь шла выше. Наше руководство решило, что при серийном производстве применять в составе БЧ МТК блоки приборов управления АБ 121У с достаточно дорогими лазерными ДУС, мягко говоря, нежелательно. В результате руководство отдела информационно-управляющих систем получило поручение разработать БПУ, пусть менее точный, но зато и менее дорогой. Вопрос о выборе АСН не возникал: в принципе, это была та же аппаратура, которая разрабатывалась для изделия по теме «Пилон».

К тому времени в отделе информа-

ционно-управляющих систем в инициативном порядке продолжались работы по созданию собственного БПУ, ориентированного на применение в составе гипотетического авиационного изделия 2606. В поисках соисполнителей руководство отдела вступило в переговоры с руководством приборостроительной корпорации (г. Пермь). Эта корпорация специализировалась в области разработки чувствительных элементов на базе динамически настраиваемых гироскопов (ДНГ) для БИНС. В результате переговоров корпорация предложила нам устройство под названием КДКП – комплект датчиков кинематических параметров. В этот комплект входили:

- два ДНГ, измеряющие три компоненты вектора угловой скорости;
- три акселерометра, измеряющие три компоненты вектора кажущегося ускорения;
- сервисная электроника, обеспечивающая функционирование ДНГ и акселерометров.

Все датчики – с аналоговыми выходами, поэтому всю остальную «обвеску» для включения КДКП в состав цифроаналогового БПУ нам предстояло разрабатывать самим.

А что такое «обвеска»? Это фильтры для сглаживания сигналов с выходов ДНГ и акселерометров. Это АЦП для преобразования в код аналоговых сигналов. Это компьютер для вычисления параметров ориентации, формирования управляющих функций и ещё для кое-чего. А ещё это источники питания. Вопросы разработки аппаратных средств создания нового БПУ будут описывать другие авторы. Решающий вклад в создание конструкции БПУ внесли начальник отдела Г. А. Битков, инженер Ю. Н. Буров и слесарь В. Н. Хурманенко.

В разработке ПАО существенную помощь нам оказали специалисты НИИП: они передали нам рабочие программы, часть из которых была напи-

сана на языке низкого уровня, а часть на языке высокого уровня С++. Эти программы в своё время были реализованы в БПУ АБ 121У, и наши специалисты работали с этим ПАО.

В результате достаточно длительной и напряжённой работы трудового коллектива была разработана конструкция БПУ, который получил десятичный номер 2606.107, сокращённо Б-107 (он предназначался для применения в составе БЧ МТК). В БПУ были загружены все те же программы, которые были реализованы в БПУ АБ 121У. Возник вопрос о проверке совместного функционирования систем управления и самонаведения в условиях, приближённых к условиям боевого применения комплекса. Разработчики конструкции БПУ не озаботились тем, чтобы можно было отключать КДКП и подключать его имитатор при проведении работ на комплексе физико-математического моделирования. С учётом того что разработка всего ПАО БПУ теперь принадлежала нам, решение о включении БПУ Б-107 в контур физико-математического моделирования было найдено на программном уровне. С учётом вычислительных возможностей БЦВМ в ней была реализована упрощённая математическая модель динамики торпеды, входами которой были заданные переключки рулей, рассчитанные по реализованным в БПУ программам, а выходами – вычисленные кинематические параметры движения изделия. При задании специального режима функционирования БПУ на вход программного модуля вычисления параметров ориентации вместо сигналов с выходов КДКП поступали сигналы с выхода математической модели динамики торпеды. Таким образом, БПУ, установленный на неподвижном основании, имитировал пространственные эволюции торпеды. Автором и исполнителем этой изящной идеи был А. С. Кириченко. Структура фрагмента

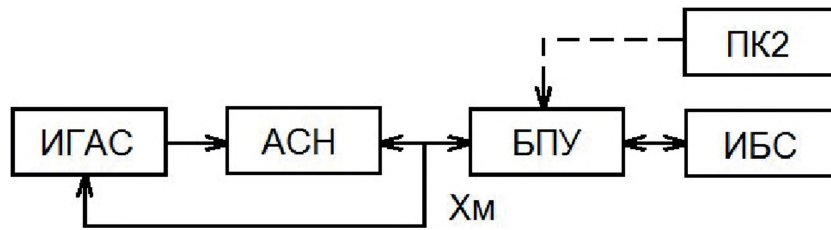


Рисунок 6 – Структура фрагмента комплекса ФММ с БПУ Б-107 (обозначения аналогичны рисунку 5)

комплекса физико-математического моделирования с включением в него БПУ Б-107 приведена на рисунке 6.

Что касается аппаратной части ИУС, то для стыковки с Б-107 был необходим БУМ с цифровым входом. Поэтому в отделе информационно-управляющих систем был разработан цифроаналоговый БУМ, а на заводе «Двигатель» было организовано его серийное производство. В составе аппаратуры управления появились ещё одно устройство, для которого надо было разрабатывать ПАО. Проведённые исследования функционирования ИУС на комплексе физико-математического моделирования подтвердили эффективность принятых технических решений и разработанного ПАО.

В итоге МТК был укомплектован БЧ, содержащей в своём составе БПУ Б-107 и цифроаналоговый БУМ. Проведёнными стрельбами БЧ из ТА ОС и пусками из МТК по «полной» схеме было подтверждено требуемое качество процессов управления БЧ.

РАЗРАБОТКА ИУС ДЛЯ КОРАБЕЛЬНЫХ ТОРПЕД

Наше предприятие ранее разработало для поставки на экспорт самонаводящуюся телеуправляемую торпеду ТЭ2-01 со шпindelной системой ввода стрельбовой информации. В состав аппаратной части ИУС этой торпеды входили: ЦА28, БПУ Б26, аналоговый БУМ137, аналоговые блоки установки курса БУК и глубины БУГ – это всё

продукция Киевского завода автоматики им. Г. И. Петровского; АСН «Керамика» и торпедный блок телеуправления (ТБТУ) – нашей разработки. Связи ЦА со всеми абонентами аналоговые. При поступлении спустя определённое время заказа из-за рубежа на очередную партию торпед ТЭ2-01 возник вопрос, чем её комплектовать. Если производство АСН и ЦА ещё существовало в России, то поиски на территории Российской Федерации предприятий, готовых организовать производство БПУ с характеристиками, близкими к характеристикам БПУ Б26, успехом не увенчались.

Из готового у руководства отдела информационно-управляющих систем был только БПУ Б-107. Этот БПУ изначально проектировался для применения в составе БЧ МТК калибра 32,4 см.

Требования к техническим характеристикам БПУ универсальных торпед калибра 53 см существенно отличаются от требований к характеристикам БПУ малогабаритных авиационных торпед или БЧ МТК. При изготовлении новой партии торпед вся аппаратура производства Киевского завода автоматики подлежала замене на отечественную, и непременным условием было сохранение поведенческих характеристик торпед, укомплектованных новой аппаратурой. Задача достаточно сложная, и решение её оказалось весьма трудоёмким.

Для решения этой задачи был выполнен значительный объём работ по разработке и изготовлению аппарат-

ных средств сопряжения БПУ Б-107 с системами носителя и изделия: устройство ввода курса (УВК) для замены БУК, устройство ввода глубины (УВГ) для замены БУГ, блок преобразования интерфейса (БПИ) для связи цифроаналогового БПУ с аналоговой АСН. Все эти устройства имели цифровой выход, обмен информацией производился по линиям МПИ. Благодаря тому что регистратор параметров бортовой (РПБ) был разработан ранее квалифицированными специалистами с расчётом «на вырост» [1], специальных устройств для стыковки БПУ Б-107 с РПБ не потребовалось. Организацией этой работы руководил В. Г. Петров, который в то время был сотрудником отдела информационно-управляющих систем

Разработчикам ПАО новой аппаратуры ИУС пришлось пройти весь путь, который прошли в своё время разработчики ЦА. За долгие годы эксплуатации ЦА так и не был разработан транслятор для перевода программ ЦА, написанных в кодах, на язык высокого уровня. Поэтому разработчикам ПАО пришлось, используя документацию, содержащую описание БПУ Б26, описание алгоритма ЦА28 и ТТХ торпеды, составить словесное описание алгоритма функциониро-

вания БПУ, разработать рабочие программы, проверить их на полноту и непротиворечивость. Финалом теоретической части разработки была проверка эффективности разработанной ИУС методом физико-математического моделирования. Включение БПУ в контур физико-математического моделирования было выполнено в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 6. Структура аппаратной части ИУС приведена на рисунке 7. Ясно, что ядром аппаратуры ИУС остаётся БПУ. Предложенное построение системы позволило в максимальной степени сохранить разработанное ранее ПАО БПУ Б-107 и обеспечить идентичность поведенческих характеристик торпеды с новой аппаратной частью ИУС и предшественницы.

Финалом практической части разработки стало успешное проведение натурных испытаний и передача торпед, укомплектованных БПУ Б-107 взамен ЦА28 и БПУ Б26, заказчику. Это пример добротного выполнения операции «импортозамещения».

Полупутьем отметим, что функции БПУ Б-107 в части вычисления кинематических параметров движения аналогичны функциям, которые выполнялись аппаратурой управления в составе БПУ Б26 и ЦА28. Безуслов-

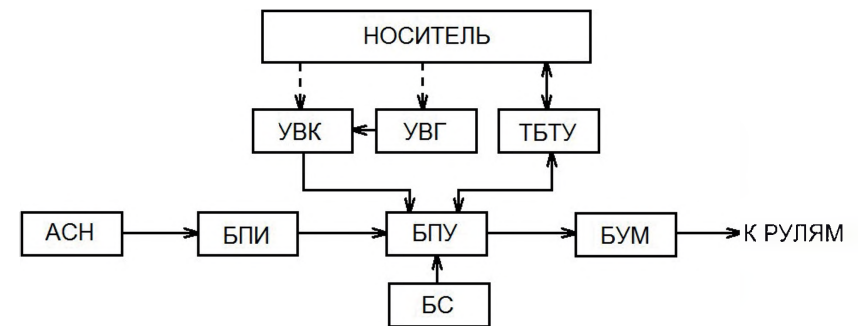


Рисунок 7 – Структура аппаратной части ИУС с Б-107: БПИ – блок преобразования интерфейсов, «переводчик» релейных сигналов в коды для передачи по каналу МПИ; УВК и УВГ – устройства ввода информации о курсе, глубине и дистанции (замена серийных БУК и БУГ с вводом информации по каналу МПИ)

ным преимуществом Б-107 является возможность определять пространственное положение изделия во всём диапазоне изменения углов рыскания, дифферента и крена. Это преимущество в полной мере реализуется при применении торпед с надводных кораблей. А такой опыт у нас уже был при комплектовании торпедами ТЭ2-01 корвета «Гепард», поставляемого на экспорт.

О ДОЛГОСТРОЕ

Во второй половине прошлого века наше предприятие приступило к разработке торпедообразного изделия специального назначения, принципиальными отличиями которого от торпед были увеличенное время хода и более сложная программа автономного движения. В состав ИУС изделия входили комплекс приборов управления (КПУ) К44 и электромеханический РП разработки Киевского завода автоматики, а также программно-логический блок (ПЛБ) нашей разработки. КПУ содержал в своём составе уникальный ДК, обеспечивающий высокую точность сохранения угла рыскания в течение достаточно длительного времени, значительно превышающего время хода торпед. ПЛБ представлял собой разработанное нашими специалистами цифроаналоговое устройство, которое выполняло функции, аналогичные функциям ЦА в составе корабельных торпед. Ряд функций выполнялся на аппаратном уровне, за счёт схемотехнических решений. Управляющие функции для управления РП формировал КПУ, приём и запоминание стрельбовой информации, формирование заданных значений параметров для управляющих функций и обмен информацией с системами изделия осуществлял ПЛБ. Структура аппаратной части ИУС соответствует структуре, приведённой на рисунке 1 с заменой ЦА на ПЛБ

и АГС на БКУ (бортовое командное устройство). На этом этапе разработка изделия завершилась на стадии изготовления и испытания опытного образца.

Потом наступила пауза.

Прошло 20 лет. Заказчик вспомнил о существовании этого изделия и предложил Концерну продолжить проектирование. Однако применение комплектующих изделий, разработанных Киевским заводом автоматики, не допускалось. Надо было искать выход из сложившегося положения. Как всегда, нам помог НИИП. Его специалисты взялись разработать БПУ, который должен был заменить комплекс приборов управления К44 и ПЛБ, а РП мы должны были разрабатывать сами. Новый БПУ получил индекс АБ 121 УБ. Как следует из индекса, за основу была принята конструкция БПУ АБ 121, т. е. в БПУ применён тот же ГИБ и та же БЦВМ, что в БПУ АБ 121У. Аналоговый РП был разработан под руководством Ю. Н. Бутова. Структура нового варианта ИУС примерно соответствовала структуре, приведённой на рисунке 3 с заменой АСН на БКУ.

Разработка ПАО для нового БПУ шла установленным порядком: все рабочие программы разрабатывали специалисты НИИП, а наши специалисты разрабатывали алгоритмы программ, специфических для данного изделия, и необходимые математические зависимости в виде формульных и словесных описаний. Что касается структуры управляющих функций, то здесь трудности не возникали: управление движением изделия осуществлялось с применением четырёх традиционно расположенных рулей. Аналогичное управление было нами апробировано ещё при разработке торпеды по теме «Пилон». А вот с разработкой описания программы формирования заданных значений для всех участков движения возникли определённые трудности. Прошло

время, и у заказчика появились дополнительные требования, а чтобы всё это выполнить, пришлось изучать комплект документации и составлять словесное описание в том виде, который ранее был согласован со специалистами НИИП.

Специалисты НИИП разработали рабочие программы и загрузили их в БПУ. Встал вопрос о проверке соответствия функционирования БПУ желаемому. Правильность реализации программы формирования управляющих функций особых сомнений не вызывала, и вопрос о необходимости физико-математического моделирования не возникал. Представлялось достаточным проверить выполнение управляющих функций с использованием традиционного торпедного оборудования: трёхступенного статического стенда и гидропресса. Корректность реализации достаточно сложной и разветвлённой программы формирования заданных параметров движения в управляющих функциях следовало тщательно проверить. С этой целью наши специалисты, участвовавшие в разработке ПАО, а это Ю. Н. Бутов и А. С. Кириченко, были направлены в НИИП и вместе с разработчиками АБ 121УБ выполнили необходимый объём проверок. Об успешном выполнении всего комплекса работ свидетельствуют результаты стрельб изделия из ТА ОС на нашем полигоне и стрельб из ТА ПЛ в процессе боевой подготовки флота.

Потом наступила очередная пауза.

Прошло ещё 10 лет, и заказчик вновь проявил интерес к этому изделию. Естественно, встал вопрос: чем комплектовать ИУС? РП собственной разработки, апробированный в результате натурных стрельб, у нас был. А вот покупать у НИИП приборы АБ 121УБ наше руководство не захотело: дороговато. Отдел информационно-управляющих систем в качестве замены мог предложить только БПУ Б-107.

Для работы в комплекте с ним был разработан цифроаналоговый БУМ. Не будем обсуждать аспекты, связанные с техническими характеристиками. Наша тема – разработка ПАО. Структура ИУС изделия соответствует структуре, приведённой на рисунке 3 с заменой АСН на БКУ.

Тексты программ для БПУ Б-107 написаны на языке С++, а транслятора с языка программирования БПУ АБ 121 УБ на С++ как не было, так и нет. Поэтому работа по созданию ПАО состоит из двух частей:

- разработка «стандартных» программ, обеспечивающих функционирование БЦВМ, программы обмена информацией с носителем, программы вычисления параметров ориентации, и программы обмена с внешними абонентами;
- разработка программы формирования управляющих функций, программа формирования заданных значений параметров для выполнения программы движения и функционирования изделия.

За основу разработки второй части ПАО было принято словесное описание, которое в своё время было передано в НИИП. Это описание было уточнено с учётом дополнительных требований заказчика, которые у него появились за время очередной паузы.

Возникает вопрос: зачем писать о долгострое? Затем, что описание долго строя позволяет на примере одной разработки проследить все этапы создания аппаратной части и ПАО ИУС, которые мы прошли:

1) первый этап – ИУС, содержащая в своём составе трёхступенные гироскопические приборы и РП разработки Киевского завода автоматик и ПЛБ нашей разработки; все алгоритмы программ и рабочие программы разрабатывались специалистами нашего предприятия;

2) второй этап – ИУС, содержащая в своём составе БПУ разработки НИИП

и РП нашей разработки; все рабочие программы для БПУ разрабатывали специалисты НИИП; наши специалисты разрабатывали алгоритмы программ и математические зависимости для той части ПАО, которая является специфической для конкретного типа изделий;

3) третий этап – ИУС, содержащая в своём составе БПУ Б-107 и цифро-аналоговый БУМ нашей разработки; все алгоритмы и рабочие программы разрабатываются нашими специалистами.

А ЧТО ДАЛЬШЕ?

Одним из перспективных направлений развития торпедного оружия представляется разработка сверхмалых, или, по другой терминологии, мини-торпед. Этому направлению посвящён отдельный том многотомного издания «Торпедное оружие» [12]. На нашем предприятии накоплен опыт применения аппаратуры, разработанной для торпед калибра 32,4 см, в торпедах калибра 53 см. Применение этой аппаратуры в мини-торпедах невозможно. При калибре 12 и даже 20 см аппаратура ИУС должна быть микроминиатюрной. Развитие микромеха-

ники позволяет создавать такую аппаратуру. В настоящее время имеются устройства, измеряющие вектора угловой скорости и линейного ускорения, размером в два спичечных коробка, к тому же с цифровым выходом. Можно ожидать появление на рынке БСО таких же размеров. А это приведёт к существенному изменению содержания работ по проектированию ИУС.

Имея в своём распоряжении БСО с приемлемыми характеристиками, разработчик ПАО уже не будет озабочен разработкой программы интегрирования системы дифференциальных уравнений в темпе реального времени. Для него эта задача решена на аппаратном уровне. А на программном уровне должны решаться задачи фильтрации выходных сигналов, комплексирования информации с выхода БСО с информацией от других источников и обмен информацией с другими процессорами ИУС изделия. И, что самое главное, разработка алгоритмов управления, направленных на повышение боевой эффективности торпед.

А разработка микроминиатюрной АСН – это предмет отдельного рассмотрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кабанец Е. В. Роль систем регистрации в проектировании систем управления движением торпед // Подводное морское оружие. – 2022. – № 1 (61).
2. Кабанец Е. В. Вклад отраслевой науки в создание систем управления движением торпед // Подводное морское оружие. – 2007. – № 8.
3. Алиев Ш. Г. Состояние и тенденции развития цифровых информационно-управляющих систем специальных морских объектов // Материалы конференции «Управление в морских и аэрокосмических системах» (УМАС-2014), СПб., 2014.
4. Проект «КИМТ»: Разработка научно-методических основ создания комплекса имитационного моделирования и тренинга для высокоэффективной отработки электронной аппаратуры, управляющей подводными аппаратами. – СПб.: ФГУП ЦНИИ «Гидроприбор», 2002.
5. Кабанец Е. В. Вклад науки в развитие систем управления движением торпед // ЦНИИ «Гидроприбор» и его люди за 60 лет. – СПб.: ИЦ «Гуманитарная Академия», 2003.

6. ФГУП Государственный НИИ приборостроения 70 лет. – М.: Дашков и Ко, 2003.
7. Торпеда 211 ТТ1: Пояснительная записка, кн. 7. – ЦНИИ «Гидроприбор», 1995.
8. Комплекс имитационного и физико-математического моделирования процессов маневрирования и наведения автономных подводных аппаратов. – ОАО «Концерн «МПО – Гидроприбор», 2009.
9. Кабанец Е. В. К вопросу о терминологии при разработке торпедного оружия // Подводное морское оружие. – 2007. – № 8.
10. Кабанец Е. В. Особенности построения систем управления корабельных торпед // Труды XXX конференции памяти выдающегося конструктора гироскопических приборов Н. Н. Острякова. – СПб., 2016.
11. Основы динамики торпед. Книга I / Под ред. Д. П. Скобова. – Л.: Судпромгиз, 1963.
12. Алиев Ш. Г., Жуков Ю. И. Торпедное оружие. Том 9. – М.: Наука, 2017.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕУСТАНОВИВШИХСЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ВЫСОКОНАГРУЖЕННОГО ТОРПЕДНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ИЗДЕЛИЯХ ГРАЖДАНСКОГО И ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

STUDY OF UNSTEADY THERMAL PROCESSES IN THE HIGH-LOADED TORPEDO ENGINE AND THE PROSPECTS FOR ITS USE IN CIVIL OR DUAL-PURPOSE SYSTEMS

В статье рассматривается возможность использования высоконагруженного торпедного электродвигателя в длительном режиме работы без системы охлаждения в изделиях гражданского и двойного назначения.

Ключевые слова: электропривод, теплопередача, графическая зависимость, характер изменения, электрические машины, двойное назначение.

The article considers the possibility to provide cooling-free long-term behavior of the high-loaded torpedo engine in civil or dual-purpose systems.

Key words: electric drive, heat transfer, graphic dependence, behavior, electric machines, double purpose.

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с постановлением Совета Федерации Федерального Собрания РФ о перспективных направлениях развития оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации № 476-СФ от 10 ноября 2021 года для достижения экономической стабильности в условиях снижения загруженности производственных мощностей выпуском продукции военного назначения российская оборонная промышленность наращивает выпуск продукции гражданского и двойного назначения. Таким образом, дальнейшее развитие предприятий оборонной промышленности предполагает сочетание мероприятий, предусматривающих использование производственного потенциала и инновационных технологий как для разработки и производства продукции военного назначения, так и для выпуска продукции гражданского и двойного назначения.

Учитывая вышеизложенное, выпуск конкурентоспособной наукоемкой и высокотехнологичной продукции гражданского и двойного назначения становится актуальной задачей.

Разработанные в АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» торпедные электроприводы с успехом могут применяться в изделиях гражданского и двойного назначения.

В качестве примера рассмотрена возможность использования торпедного электропривода мощностью 150 кВт с учётом снижения (уменьшения) номинальной мощности в изделиях гражданского и двойного назначения.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Основной особенностью торпедных электрических электроприводов является ограниченное время их непрерывной работы. За это время рассматриваемые неустановившиеся тепловые процессы позволяют рас-

сматривать электрическую машину или её части как однородное тело. В этом случае при неизменных потерях \mathcal{Q} , выделяемых в теле, дифференциальное уравнение нагревания, выражающее баланс энергии за время, имеет следующий вид [1]:

$$\mathcal{Q} dt = c_0 \cdot G_0 d\theta + \alpha_0 \cdot S_0 \cdot \theta dt, \quad (1)$$

где \mathcal{Q} – количество тепла, выделяемого за единицу времени в однородном теле; G_0 – вес тела; c_0 – удельная теплоёмкость; α_0 – коэффициент теплоотдачи поверхности нагреваемого тела; S_0 – площадь поверхности; θ – превышение температуры поверхности над температурой окружающей среды.

Общим решением уравнения (1) является выражение для определения температуры θ , в диапазоне времени t :

$$\theta_t = \theta_0 + (\theta_\infty - \theta_0) \cdot (1 - e^{-t/\tau}), \quad (2)$$

где θ_0 – начальный перегрев тела, τ – постоянная времени нагревания тела.

Торпедные электродвигатели расположены в закрытых отделениях ограниченного объёма. По прошествии некоторого весьма небольшого времени медь и сталь машины нагреваются приблизительно как однородное тело.

Теплопередача в охлаждающую среду происходит путём теплопроводности частей машины и теплорассеяния с охлаждаемых поверхностей.

Для практики с достаточной точностью можем считать, что тепло, рассеиваемое с поверхности тела, пропорционально превышению температуры поверхности. В установившемся режиме, когда достигнуто конечное превышение температуры θ_∞ , все выделяемое тепло рассеивается в окружающую среду:

$$\mathcal{Q} \cdot dt = \alpha_0 \cdot S_0 \cdot \theta \cdot dt, \quad (3)$$

или

$$\mathcal{Q} = P_\Sigma = \alpha_0 \cdot S_0 \cdot \theta_\infty \Rightarrow \alpha_0 \cdot S_0 = \frac{P_\Sigma}{\theta_\infty}. \quad (4)$$

где P_Σ – сумма потерь в электрической машине в рассматриваемом установившемся режиме.

В общем случае постоянная времени нагревания однородного тела, обратно пропорциональная коэффициенту теплоотдачи нагретых поверхностей, равна

$$\tau = \frac{c_0 \cdot G_0}{\alpha_0 \cdot S_0} \quad (5)$$

Учитывая, что в изготовленной электрической машине вес изоляции $G_{0из}$, меди обмотки $G_{0м}$, активной стали якоря $G_{0см}$ определён, а удельные теплоёмкости изоляции $c_{0из}$, меди $c_{0м}$, стали $c_{0см}$, справочные данные [2]. Тогда, решая уравнение (5), методом подстановки (4) определим эквивалентную постоянную времени следующим образом [1]:

$$\tau = \frac{(c_{0из} \cdot G_{0из} + c_{0м} \cdot G_{0м} + c_{0см} \cdot G_{0см}) \cdot \theta_\infty}{P_\Sigma} \quad (6)$$

Аналитически постоянную времени нагревания определим, решая уравнение (2):

$$\tau = \frac{-t_i}{\ln\left(1 - \frac{\theta_i - \theta_0}{\theta_\infty - \theta_0}\right)}, \quad (7)$$

в котором экспериментально определены значения установившейся температуры θ_∞ . Начальная температура θ_0 . Для локальной заданной точки диапазона времени t_i измерена температура θ_i .

Сведём уравнение (6) и (7) к общему виду относительно времени работы:

$$t_i = \frac{(c_{0из} \cdot G_{0из} + c_{0м} \cdot G_{0м} + c_{0см} \cdot G_{0см}) \cdot \theta_\infty}{P_\Sigma} \times \ln\left(1 + \frac{\theta_i - \theta_0}{\theta_\infty - \theta_0}\right) \quad (8)$$

Таким образом можно определить время работы электродвигателя, при котором температура достигнет максимально допустимой величины $\theta_i = \theta_{дон}$.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Предложенный метод определения времени работы до достижения максимальной температуры использован на практике. Исследование проводилось для двигателя с номинальной мощностью 150 кВт и номинальной частотой вращения 12000 об/мин. Рассматривалась возможность использования высоконагруженного электродвигателя без системы охлаждения в длительном режиме работы (S1) в диапазоне нагрузок ходовой характеристики изделия (таблица 1).

Испытание проводилось на цифровой математической модели электродвигателя с выключенной системой охлаждения. Расчёты проводились до достижения установившихся значений температуры θ_{∞} , демонстрационная кривая нагревания показана на рисунке 1.

Если рассматривать активные материалы, используемые в электрической машине как однородное тело, то в расчётах также следует учитывать коэффициент заполнения объёма машины активными материалами k_{Va} . Тогда уравнение (8) с учётом (6) можно представить следующим образом:

$$t_i = \tau \cdot k_{Va} \cdot \ln\left(1 + \frac{\theta_i - \theta_0}{\theta_{\infty} - \theta_0}\right), \quad (8)$$

где значение коэффициента $k_{Va} = 0,6 \pm 0,8$.

В таблице 2 приведены результаты испытаний на цифровой математической модели электродвигателя в диапазоне нагрузок ходовой характеристики изделия. Эксперименты выполнены для длительного режима работы электродвигателя с естественным воздушным охлаждением. В качестве охлаждающей среды используется воздух. Начальная температура охлаждающей среды 20°C.

Используем экспериментальные

данные, приведённые в таблице 2, для дальнейших расчётов.

Подводимая активная мощность электродвигателя равна

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta}, \quad (9)$$

где η – коэффициент полезного действия электродвигателя (таблица 2).

Сумма греющих потерь в электродвигателе

$$P_{\Sigma} = P_1 - P_2 \quad (10)$$

Таблица 1 – Диапазон нагрузок на ходовой характеристике изделия

Наименование и обозначение	Ед. изм.	Величина									
Частота вращения вала движителя, п	об/мин	1270	1434	1646	1875	2117	2359	2607	2855	2886	
Мощность движителя на валу, Ne	кВт	13,1	18,7	28,1	41,3	59,3	81,9	110	145	150	
Момент на валу	Н м	99	126	165	213	271	335	408	487	498	

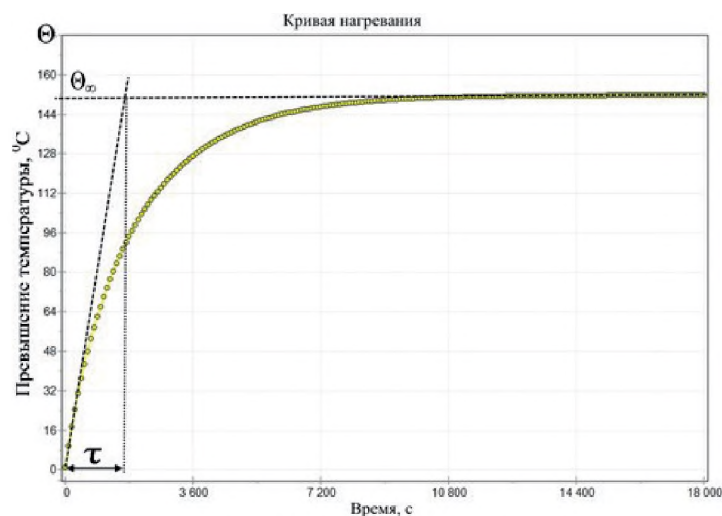


Рисунок 1 – Кривая нагревания

Таблица 2 – Результаты теплового расчёта электродвигателя

Наименование	Единицы измерения	Величина									
Характеристика редуктора											
Коэффициент редукции		4,21									
Ожидаемый КПД редуктора	%	96									
Характеристика двигателя											
Частота вращения ротора	об/мин	5347	6037	6930	7894	8913	9931	10975	12020	12150	
Момент на валу	Н м	24,65	31,28	40,99	52,91	67,12	82,98	100,94	120,62	129,2	
Мощность на валу	кВт	13,80	19,78	29,74	43,74	62,65	86,30	116,02	151,83	156,76	
КПД электродвигателя	%	96	96,3	96,58	96,75	96,83	96,83	96,78	96,68	96,65	
Тепловая нагрузка											
Сумма тепловых потерь	кВт	0,575	0,760	1,053	1,469	2,051	2,825	3,860	5,214	5,433	
Постоянная времени нагревания	мин	16,5	15,2	14,0	13,0	12,1	11,2	10,3	9,6	9,6	
Усреднённые значения температур без системы охлаждения для длительного режима работы S1											
Температура внутри пазовой части	°C	110	135	172	225	294	380	483	612	641	
Температура лобовой части	°C	108	131	169	221	288	370	470	593	621	
Температура пакета	°C	104	125	158	201	256	321	400	492	511	
Время работы без системы охлаждения при достижении максимальной температуры 180°C											
Время работы, при котором достигается максимально допустимая температура	мин	–	–	–	7,76	5,79	4,34	3,26	2,47	2,38	

Установившиеся значения температур приведены в таблице 2: для изоляции $\theta_{\text{инзо}}$; для меди $\theta_{\text{мед}}$; для стали $\theta_{\text{стол}}$. Известны значения массовых показателей активных материалов: изоляции 0,67 кг; обмотки 4,11 кг, пакета якоря 10,7 кг. Удельная теплоёмкость материалов изоляции, меди, стали приведена в [2].

Определим установившееся значение температуры однородного тела:

$$\theta_{\infty} = \frac{\theta_{\text{изс}} + \theta_{\text{мс}} + \theta_{\text{смс}}}{3} \quad (11)$$

Величина допустимой температуры для изоляции класса F равна 180°C [1, 2]. Постоянная времени нагревания определяется по выражению (6), время работы, за которое установившееся значение температуры достигнет максимального значения, – по выражению (8).

ПРИМЕНЕНИЕ ТОРПЕДНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА В ИЗДЕЛИЯХ ГРАЖДАНСКОГО И ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Применение торпедного электропривода в изделиях гражданского и двойного назначения приводит к необходимости пересмотра основных условий эксплуатации.

Из таблицы 2 видно, что длительный режим работы торпедного электродвигателя без охлаждения не должен превышать 30 кВт. При этом масса электродвигателя с учётом массы редуктора составляет 31 кг (активная

масса 27 кг). Удельная мощность такого электродвигателя, соответственно, равна $30/31 = 0,97$ кВт/кг. Применяемые в гражданской продукции электроприводы аналогичной мощности, например общепромышленный асинхронный электродвигатель серии 4А [3] (4А180М2У3, который активно используется в станкостроении и в системах очистки воздуха) и его аналоги имеют массу 195 кг (активная масса 84 кг), а удельная мощность, соответственно, равна $30/195 = 0,15$ кВт/кг. Приведённый пример наглядно демонстрирует преимущество применения торпедных электродвигателей в приводах гражданского назначения (удельная массовая мощность в 6,4 раза выше для полной массы электродвигателя и в 3,1 раза выше для активной массы).

ВЫВОДЫ

В данной статье наглядно показано, что торпедные электроприводы могут с успехом использоваться в изделиях гражданского и двойного назначения.

Расширение возможностей применения электрической машины в изделиях гражданского и двойного назначения становятся актуальными на современном этапе развития предприятия.

Таким образом, АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор» в соответствии с правительственными постановлениями быстро реагирует на новые требования современной действительности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сергеев, П. С. Проектирование электрических машин: учебник / П. С. Сергеев, Н. В. Виноградов, Ф. А. Горяинов. – М.: Энергия, 1969. – 632 с.
2. Электротехнический справочник. Т.1: Общие вопросы. Электротехнические материалы / Под общ. ред. В. Г. Герасимова и др. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 440 с.
3. Асинхронные двигатели серии 4А: справочник / А. Э. Кравчик, М. М. Шлаф, В. И. Афонин, Е. А. Соболенская. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 504 с.

УДК 632.946

A.N. PODOSHVELEV, Cand.Sc. (Technology),
A.K. SERGEYEV, Cand.Sc. (Technology)

к.т.н. А. Н. ПОДОШВЕЛЕВ,
к.т.н. А. К. СЕРГЕЕВ

ТИПОВЫЕ БУКСИРУЕМЫЕ ТРАЛЫ-ИМИТАТОРЫ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НАДВОДНЫХ КОРАБЛЕЙ ВМС ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ

FOREIGN NAVIES' STANDARD TOWED TARGET-PHYSICAL FIELD IMITATING SWEEPS AND THEIR DEVELOPMENT PROSPECTS

В статье представлен анализ современного состояния и перспектив развития типовых иностранных буксируемых неконтактных тралов-имитаторов физических полей кораблей по данным зарубежной открытой печати. Установлено, что типовые зарубежные буксируемые тралы-имитаторы по способу применения разделяются на буксируемые не выбираемые и буксируемые выбираемые на борт корабля-носителя. В настоящее время за рубежом получила развитие концепция буксировки неконтактных тралов-имитаторов телеуправляемыми безэкипажными катерами или кораблями с целью обеспечения безопасности экипажа корабля противоминной обороны.

Ключевые слова: физические поля корабля, трал-имитатор, неконтактный взрыватель, магнитный диполь, магнитный момент, проходная характеристика, спектральная характеристика, магнитное поле, электрическое поле, акустическое поле, электромагнитный модуль, акустический модуль, обеспечение безопасности личного состава, противоминные действия.

The article examines current state and development prospects of the standard foreign towed influence sweeps using the data from foreign unclassified editions. It has been found that the above sweeps can be classified as towed nonhauling-in or towed hauling-in ones. Nowadays the concept has been elaborated abroad to tow the influence imitating sweeps using remote-controlled unmanned boats or ships to protect the minesweeping staff.

Key words: physical fields of a ship, imitating sweep, influence fuze, magnetic dipole, magnetic moment, through characteristic, spectral characteristic, magnetic field, electric field, acoustic field, electromagnetic module, acoustic module, staff protection, minesweeping measures.

Минная война является важнейшей составной частью боевых действий на море. Массовое применение морских мин различных образцов способно частично или полностью нарушить судоходство в районе применения минного оружия. В ходе локальных войн в Корее, Вьетнаме, на Ближнем Востоке, в последующих конфликтах минное оружие активно использовалось все противоборствующие стороны [1].

Внедрение в конструкцию неконтактных взрывателей (НВ) мин высокочувствительных приёмных элемен-

тов и микропроцессорных устройств для цифровой обработки сигнала позволило учитывать различия в «тонкой структуре» физических полей кораблей и, следовательно, значительно повысить противотральную стойкость минного оружия [2].

Зарубежные неконтактные буксируемые тралы-имитаторы, воспроизводящие проходную характеристику МПК, известны со второй половины 80-х годов, а их технические аналоги применялись ещё при вертолётном тралении в Тонкинском заливе в 70-е годы [3]. В настоящее время внима-

ние к ним не ослабло. Так, в обзоре развития противоминной обороны (ПМО), опубликованном в издании Naval Forces [4], указано, что для решения задач ПМО «одних только минопоисковых операций недостаточно, и сейчас современные корабли ПМО должны иметь возможность выполнения дополнительных задач, таких, например, как возвращение к тралению мин по изменённой процедуре и/или постановке противоминных помех». К «изменённой процедуре» и относится применение тралов-имитаторов физических полей кораблей. По мнению зарубежных специалистов, областью применения тралов-имитаторов является борьба с современными неконтактными минами, осуществляющими сложную обработку воспринимаемых сигналов с целью отделения истинной цели от ложной в условиях, когда гидроакустические, лазерные, радиационные, магнитные и иные средства поиска мин оказываются неэффективными [2, 4, 5]. В другом выпуске того же журнала отмечено, что в ситуациях, когда в силу специфики донных условий или загрязнённости воды взвешенными частицами (слабая прозрачность) невозможно использовать гидроакустические станции миноискания или лазерные системы, имеет смысл применять системы неконтактного траления или имитации физических полей кораблей [5].

Практически при неконтактном тралении учесть всё многообразие характеристик НВ не представляется возможным, поэтому предпочтительным методом неконтактного траления является имитация характеристик обеспечиваемых кораблей не только по максимальным энергетическим значениям, но и по тонкой структуре физических полей и их протяжённости в пространстве.

Современная зарубежная концепция имитационного траления предус-

матривает:

- режим моделирования цели TSM (в отечественной терминологии – траление по физическим полям кораблей);
- режим минного функционирования MSM (в отечественной терминологии – траление по характеристикам неконтактных взрывателей).

Режим моделирования цели TSM представляет собой имитацию физических полей определённых типов надводных кораблей (НК), типовых целей, обобщённых классов или групп НК.

Режим минного функционирования MSM представляет собой траление по известным или ожидаемым характеристикам и алгоритмам срабатывания НВ, возможен при обеспечении ранее перечисленных условий [2].

Тралы-имитаторы физических полей, представляя современный метод неконтактного траления, предназначены для уничтожения мин с высокой логикой обработки сигнала, позволяющей произвести отделение истинной цели от ложной, а также мин с повышенной прочностью корпуса, твердотельном исполнении аппаратурных модулей, низкой акустической и оптической заметностью.

По степени автоматизации решения задач ПМО посредством программирования проходных и спектральных характеристик ФПК буксируемые зарубежные противоминные тралы-имитаторы можно отнести в определённой степени к робототехническим комплексам имитационного траления.

ТИПОВЫЕ НЕ ВЫБИРАЕМЫЕ НА БОРТ БУКСИРУЕМЫЕ ТРАЛЫ-ИМИТАТОРЫ

Конструктивные схемы зарубежных буксируемых тралов-имитаторов представляют собой вытянутую по линии буксировки цепочку дипольных источников магнитного поля (магнитных модулей), определяющих в основ-

ном технический облик и проходную характеристику трала, а также один или несколько источников («излучателей-генераторов») акустического поля, включённых в цепочку магнитных модулей. Как правило, в составе трала-имитатора более одного источника акустического поля, так как точечный источник может быть классифицирован аппаратурой НВ мины как ложная цель. Источником электрического поля обычно служат включённый в схему буксировки электрод, питаемый от буксируемого генератора. Рассмотрим типовые существующие зарубежные буксируемые средства имитации физических полей кораблей [2, 3, 6–8].

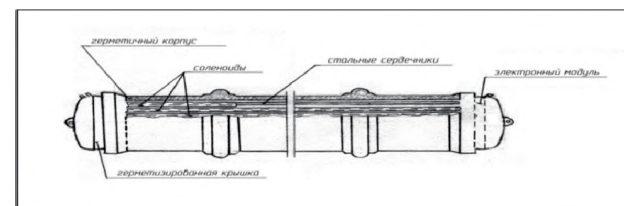


Рисунок 1 – Общий вид магнитного модуля VMM трала – имитатора Sea Serpent

Буксируемая система имитации Sea Serpent («Морской змей»), разработанная британской фирмой Vosper Thornycroft limited, известна с 1987 года [3, 6].

Трал-имитатор Sea Serpent включает в себя 6 модулей VMM (Variable Magnet Moment – переменный магнитный момент). Модули VMM представляют собой магниты переменного момента, каждый из которых является блоком из 18 независимых магнитных

сердечников, размещённых вместе с электронным блоком управления в корпусе из армированного стеклопластика в виде плавучего буя цилиндрической формы (рисунок 1).

Модуль имеет длину 5,6 м, диаметр 0,83 м, массу 2150 кг. Магнитный момент каждого модуля может варьироваться от 0 до 90 кАм² по заданной программе. Время нарастания напряжённости (индукции) проходной характеристики магнитного поля составляет от 6 до 12 секунд. Трал-имитатор Sea Serpent способен имитировать проходную характеристику магнитного поля кораблей длиной 150 м и более при их скорости до 15 уз.

Два соленоида, буксируемые с отводом от диаметральной плоскости корабля-тральщика, обеспечивают полосу траления шириной 180 м и глубиной 70 м.

На каждый из 6 магнитных модулей VMM можно установить до 19 значений магнитных моментов, что достигается установкой определённого режима работы любого из соленоидов. Схема буксировки трала-имитатора Sea Serpent приведена на рисунке 2.

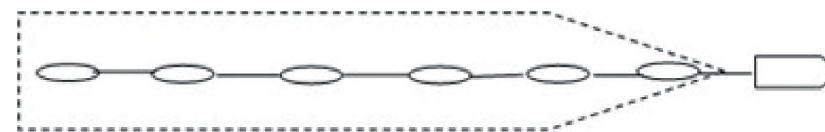


Рисунок 2 – Схема буксировки магнитных модулей VMM трала – имитатора Sea Serpent

Установка величины магнитных моментов производится аппаратурой управления, размещённой на корабле-буксировщике. Число модулей VMM в схеме трала-имитатора зависит от размерений корабля, проходная характеристика магнитного поля которого воспроизводится. На практике используется не более 6 магнитных модулей VMM. Потребление электроэнергии для типовой схемы из 6 модулей VMM не превышает 20 кВт.

Тактика применения модулей VMM имеет специфику. Наряду с режимом траления по полям обеспечиваемых кораблей (режим TSM) и режимом траления по известным характеристикам НВ (MSM) трал-имитатор Sea Serpent обеспечивает дополнительный режим проводки, который заключается в маскировке собственного магнитного поля охраняемого корабля магнитным полем двух и более магнитных модулей VMM, разнесённых параванами-отводителями на определённое расстояние от борта корабля. Кроме схемы буксировки в линию, предусмотрена схема попарной буксировки с изменяемым расстоянием между парными модулями VMM (рисунок 3).

Трал-имитатор ВМС Австралии Dyad [2, 6] первоначально был разработан в

двух модификациях: Mini Dyad и Maxi Dyad. Магнитные модули Mini Dyad в количестве 8–10 штук вместе с двумя акустическими излучателями составляют комплектацию неkontaktного трала-имитатора Bravo, который предназначен для воспроизведения полей НК класса эскадренный миноносец и фрегат DE, DDG и FFG. Трал-имитатор имеет натяжение не более 1,2 тонны на 7 узлах при состоянии моря 1 балл и может буксироваться вспомогательными судами, прошедшими размагничивание. На вооружении ВМС Австралии трал-имитатор состоит с 1992 года. Магнитные модули Maxi Dyad в количестве до 16 штук и четыре акустических излучателя составляют комплектацию неkontaktного трала-имитатора Mike, предназначенного для имитации акустического и магнитного полей крупнотоннажных торговых судов водоизмещением до 100 тыс. тонн. Трал-имитатор имеет натяжение 8,2 тонны при скорости 7 узлов и состоянии моря 1 балл. Он находится на вооружении ВМС Австралии с 1993 года. Общая схема буксировки тралов-имитаторов Mini Dyad (Bravo) и Maxi Dyad (Mike) представлена на рисунке 4.

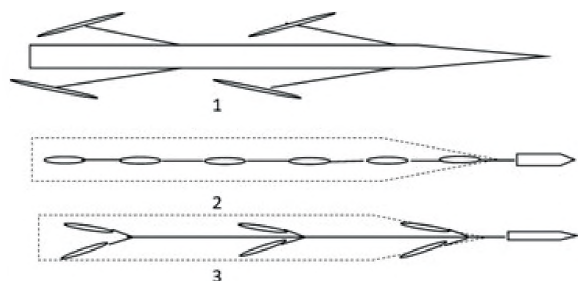


Рисунок 3 – Специфика применения трала – имитатора Sea Serpent: 1 – схема проводки, 2 – схема траления по полям обеспечиваемых кораблей (TSM) или по известным (вероятным) характеристикам НВ (MSM) при буксировке в линию, 3 – схема траления при попарной буксировке с варьированием расстояний между парными модулями

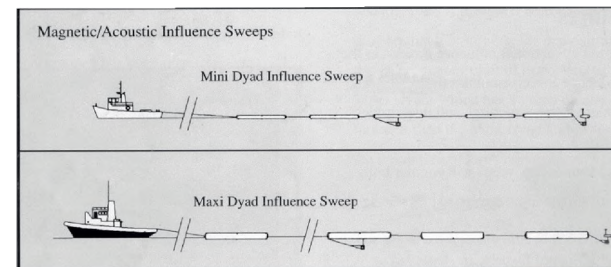


Рисунок 4 – Общая схема буксировки трала-имитатора типа Dyad

Тралы-имитаторы Bravo и Mike не требуют энергопитания и управления с корабля-буксировщика. Принятые конструкторские решения магнитных модулей обеспечивают высокую взрывостойкость тралов [6].

Магнитные модули тралов-имитаторов обоих типов представляют собой цилиндры из низкоуглеродистой стали с содержанием углерода не более 0,25% и двумя постоянными магнитами, выполненными в виде дисков. Эти диски обеспечивают намагничивание стального цилиндра, играющего роль магнитопровода.

Постоянная намагниченность магнитопровода сохраняется достаточно долго, в том числе и после воздействия нескольких взрывов, что проверялось на натуральных испытаниях. Цилиндр усилен рядом шпангоутов и имеет три рыма для подъема. Для имитации электрического поля предусмотрена система электродов, питаемых от встроенного гидрогенератора с цифровым управляющим устройством. Конструкция модуля Dyad представлена на рисунке 5, а схемы полярности соленоидов магнитных модулей – на рисунках 6 и 7.

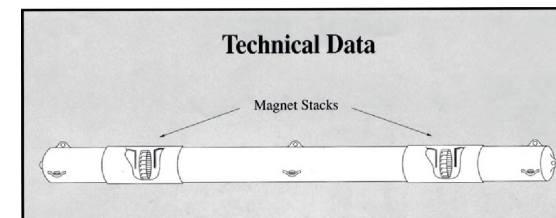


Рисунок 5 – Конструктивная схема магнитного модуля трала-имитатора типа Dyad

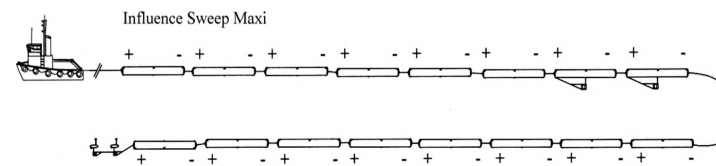


Рисунок 6 – Схема буксировки и последовательные полярности соленоидов магнитных модулей трала-имитатора Maxi Dyad

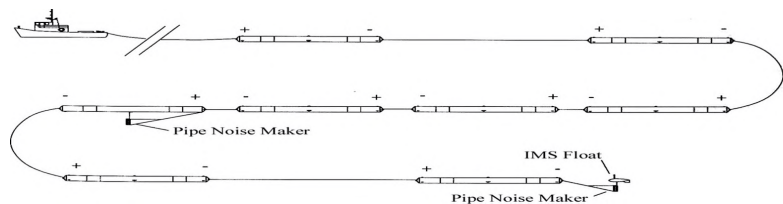


Рисунок 7 – Схема буксировки и последовательные полярности соленоидов магнитных модулей трала-имитатора Mini Dyad

Технические характеристики модулей Mini Dyad и Maxi Dyad приведены в таблице 1.

Таблица 1 Технические характеристики модулей Mini Dyad и Maxi Dyad

Технические характеристики	Mini Dyad	Maxi Dyad
Длина, м	7,72	9,83
Наружный диаметр, мм	563	1336
Масса, т	1,6	10,6
Положительная плавучесть	150	923

Кроме модификаций Mini Dyad и Maxi Dyad, дополнительно разработана третья модификация Micro Dyad, магнитный момент которой в два раза меньше магнитного момента Mini Dyad. Эта модификация предназначена для обеспечения современных размагниченных кораблей и катеров. Внешний вид магнитных модулей Micro Dyad, Mini Dyad и Maxi Dyad и приведены на рисунках 8–10.

Магнитное поле трала-имитатора типа Dyad формируется за счёт остаточного намагничивания сердечников, допускает перемагничивание в береговых условиях, регулировку

величины и полярности магнитного момента перед постановкой. Для обеспечения выбора режима магнитного траления применяется передвижная станция контроля магнитного поля кораблей непосредственно перед постановкой и осуществлением противоминных действий. Перед выходом в море для имитации полей надводных кораблей различных классов устанавливаются заранее рассчитанные расстояния между модулями, значения магнитных моментов и полярность каждого модуля, что обеспечивает воспроизведение требуемой конфигурации проходной характеристики маг-



Рисунок 8 – Внешний вид магнитных модулей трала-имитатора Micro Dyad на ложементе



Рисунок 9 – Внешний вид магнитных модулей трала-имитатора Mini Dyad на двухъярусном ложементе



Рисунок 10 – Внешний вид магнитного модуля трала-имитатора Maxi Dyad на ложементе

нитного поля. Для перемагничивания постоянных магнитов в береговых условиях служит энергоёмкая установка типа станции безобмоточного размагничивания (СБР), обеспечивающая как процесс перемагничивания, так и контроль величины получившихся магнитных моментов магнитных модулей. Значения магнитных моментов модулей Micro Dyad составляет 35–40 кАм², модулей Mini Dyad – 70–80 кАм², модулей Maxi Dyad – 450–550 кАм².

Недостатками магнитных модулей типа Dyad является невозможность перестройки их режимов работы без предварительного захода в базу и выборки модулей на берег для их перемагничивания.

Для обеспечения имитации электрического поля в буксируемую схему на глубину до 5 м включается электрод, питание которого осуществляется от гидротурбины генератора, расположенного в буксируемом на углублении 2 м носителе (рисунки 11, 12).

В качестве акустических излучателей в трале-имитаторе Dyad первоначально использовались излучатели типа PNM, принцип действия которых заключался в соударении вертикальных цилиндров под действием набегающего потока воды.

В дальнейшем для включения в состав трала-имитатора Dyad были специально разработаны:

- широкополосный акустический излучатель типа AAG;
- инфразвуковой акустический излучатель IAAG.

Излучатели приводятся в действие от гидротурбины и не требуют источника питания на носителе. Излучатели типа AAG и IAAG обеспечивают дискретный спектр излучения в диапазоне инфра- и низких звуковых частот, характерный для спектральной характеристики акустического поля НК основных классов. Электродинамический принцип излучения обеспечивает возможность имитации заданной спектральной характеристики акусти-

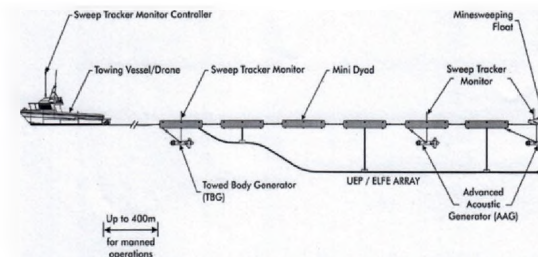


Рисунок 11 – Схема буксировки трала-имитатора Mini Dyad с акустическими излучателями AAG, электродом UEP/ELFE и буксируемым генератором электрического поля TBG

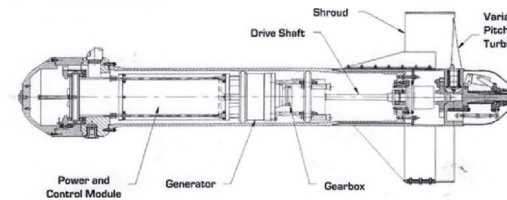


Рисунок 12 – Буксируемый генератор электрического поля TBG трала-имитатора Mini Dyad

ческого поля конкретного имитируемого корабля или группы кораблей.

Внешний вид акустических излучателей типа PNM, AAG и IAAG приведён на рисунках 13–15. В таблице 2 приведены их технические характеристики.

постановкой, так и дистанционно, в процессе противоминных действий по радиоканалу через выставленную над водой антенну.

В буксируемую цепочку включено информационно-измерительное устройство STM (sweep target monitor) на основе GPS для текущего контроля



Рисунок 13 – Акустический излучатель PNM трала-имитатора Mini Dyad

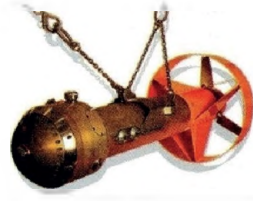


Рисунок 14 – Акустический излучатель AAG трала-имитатора типа Dyad

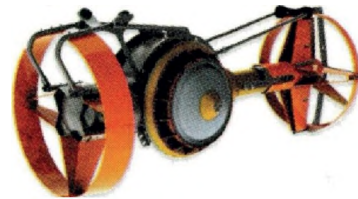


Рисунок 15 – Акустический излучатель инфра- и звукового диапазона частот IAAG трала-имитатора типа Dyad

Таблица 2 – Технические характеристики акустических излучателей Micro Dyad, Mini Dyad, Maxi Dyad

Параметр	PNM	AAG	IAAG
Длина, мм	-	2056	3700
Диаметр обода турбины, мм	-	750	1324
Вес, кг (в воздухе / в воде)	60	222/113	1210/368
Натяжение на 8 уз, кгс	300	240	900
Диапазон частот	ИЗЧ, ЗЧ, УЗЧ	5Гц – 30 КГц	5Гц – 30 КГц
Структура спектра в НЧ диапазоне	сплошной	дискретный программируется	дискретный программируется

Режимы излучения для имитации конкретной цели могут быть заложены в бортовую электронную аппаратуру излучателей AAG и IAAG как перед

положения трала-имитатора по первому и концевому буксируемым модулям в реальном масштабе времени (рисунки 16–18).

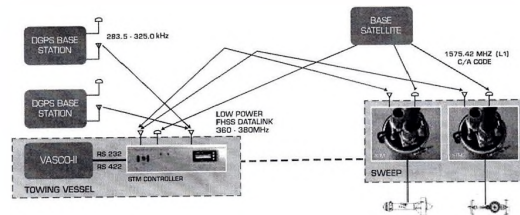


Рисунок 16 – Система STM на основе GPS для текущего контроля положения трала-имитатора Dyad по положению первого модуля и концевого буга

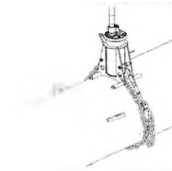


Рисунок 17 – Антенна системы STM, установленная на головном магнитном модуле трала-имитатора Dyad



Рисунок 18 – Антенна системы STM, установленная на поддерживающем буге акустического излучателя типа AAG/ IAAG трала-имитатора Dyad

Специфика эксплуатации буксируемых неконтактных тралов-имитаторов типа Dyad заключается в необходимости наличия подготовленной береговой инфраструктуры, катеров-буксиров для вывода цепочки буксируемых модулей в море, плавкрана для обеспечения постановки/выборки последовательно каждого модуля, контейнера и специального ложеамента для хранения и транспортировки магнитных модулей (рисунки 19–22). Эту специфику эксплуатации следует отнести к определённым недостаткам буксируемых тралов-ими-

таторов соленоидного типа.

Трал-имитатор BMC Австралии Mini Dyad в составе объединённой группировки военно-морских сил западных стран применялся для боевого траления в Персидском заливе в марте 2003 года [9]. Тралы-имитаторы типа Dyad в разных комплектациях стоят на вооружении ВМС Японии (Maxi Dyad) и Таиланда (Mini Dyad). Трал-имитатор Mini Dyad интегрирован в противоминную систему США Shallow Water Influence Minesweeping System (SWIMS).

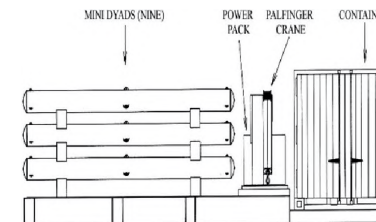


Рисунок 19 – Береговое оборудование для обслуживания трала-имитатора Mini Dyad

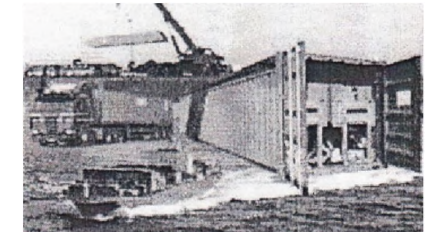


Рисунок 20 – Погрузо-разгрузочные работы с магнитными модулями трала-имитатора Mini Dyad



Рисунок 21 – Подготовка магнитных модулей трала-имитатора Mini Dyad на плаву у стенки

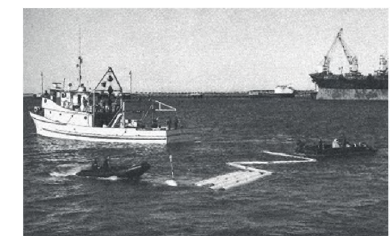


Рисунок 22 – Вывод буксирной связки магнитных модулей на основе ферромагнитных сердечников трала-имитатора Mini Dyad рейдовым буксиром из базы для передачи кораблю-буксировщику

ТИПОВЫЕ ВЫБИРАЕМЫЕ НА БОРТ БУКСИРУЕМЫЕ ТРАЛЫ-ИМИТАТОРЫ

Альтернативным техническим решением являются выбираемые на борт корабля-буксировщика тралы-имитаторы, магнитные модули которых, конструктивно совмещённые с плавучестью овальной или эллипсоидальной формы, представляют собой взаимно ортогональные кольца Гельмгольца, посредством которых обеспечиваются магнитные моменты в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Такие выбираемые на борт корабля ПМО тралы-имитаторы акустического и магнитного полей типа Sterne и его модификация Sterne-M были разработаны французской фирмой Thales Underwater Systems в 2005 году [6–8]. В состав трала-имитатора входят магнитные модули, снабжённые взаимно ортогональными катушками – кольцами Гельмгольца (рисунок 23) и акустический излучатель SWIMS электродинамического принципа действия (рисунок 24).

Посредством линейного распределения магнитных модулей и воспроизведения требуемых проходных характеристик обеспечиваемых целей из электронной базы данных возможна имитация акустического и магнитного полей практически всех существующих кораблей основных классов.

Магнитный модуль трала-имитато-



Рисунок 23 – Магнитные модули на основе ортогональных катушек трала-имитатора Sterne на штатных местах на корме корабля-тральщика

ра представляет собой центральный несущий буй, вокруг которого расположены горизонтальная и вертикальная обмотки, создающие соответственно вертикальный и горизонтальный магнитные моменты. Число магнитных модулей в схеме буксировки 6–8.

Параметры горизонтальной и вертикальной обмоток следующие:

- вертикальная обмотка представляет собой кольцо диаметром 1,8 м, число витков 5250, ток до 7,5 А, диаметр провода обмотки 4 мм, магнитный момент до 100 кАм², потребляемая мощность до 15 кВт;
- горизонтальная обмотка представляет собой овал 2,7×1,2 м, число витков 4370, диаметр провода обмотки 4 мм, ток до 7,5 А, магнитный момент до 100 кАм², потребляемая мощность до 15 кВт.

Таким образом, максимальная потребляемая мощность при восьми модулях в схеме буксировки может составлять 240 кВт, что предъявляет весьма жёсткие требования к энерговооружённости корабля ПМО.

Максимальный магнитный момент модуля составляет ~ 140 кАм². Напряжение для питания горизонтальной и вертикальной обмоток составляет ~ 2000 В. Аппаратура регулировки магнитных моментов располагается в центральном бую, а в горизонтальной обмотке располагаются дополнительные плавучести и стабилизирующие грузы.



Рисунок 24 – Акустический излучатель SWIMS электродинамического принципа действия трала-имитатора Sterne. Подготовка к постановке

Аналогичный принцип действия используется в трале-имитаторе MSMAM Multy-Sours Magneto-Acoustic Minesweep ВМС Польши. По своей компоновке и конструкции его магнитный модуль EEG близок к магнитному модулю трала-имитатора типа Sterne ВМС Франции. Трал-имитатор MSMAM включает один акустический излучатель типа AAG, применяемый в неконтактном трале-имитаторе Mini Dyad с поддерживающим буюм, который одновременно является буюм-обозначителем, и пять магнитных модулей EEG (рисунок 25). Магнитные модули буксируются последовательно один за другим, акустический модуль буксируется в конце связки магнитных модулей. Общий вид магнитного модуля EEG представлен на рисунке 26.



Рисунок 25 – Магнитные модули на основе кольцевых обмоток EEG трала-имитатора MSMAM

EEG трала-имитатора MSMAM кольцевая вертикальная обмотка смещена вниз, а нижние несущие упоры выполняют одновременно роль стабилизаторов. Управление величиной и полярностью магнитных моментов осуществляется от корабельной аппаратуры управления, выполненной на базе ЭВМ. Наличие двух составляющих магнитного момента позволяет более точно воспроизводить формы проходных характеристик магнитных полей кораблей при меньшем числе магнитных модулей в схеме трала. Магнитные модули EEG разработаны фирмой R&D Marine Technology Centre (STM), а акустические модули AAG – австралийской фирмой ADI limited [6–8].



Рисунок 26 – Магнитный модуль EEG со смещённой вниз вертикальной обмоткой, входящий в состав трала-имитатора MSMAM, общий вид

Магнитные модули создают как горизонтальную составляющую магнитного момента, образуемую вертикальной обмоткой, так и вертикальную, образуемую горизонтальной обмоткой, наложенной вокруг основного (ведущего) бую. В ведущем бую расположена аппаратура управления горизонтальным и вертикальным магнитными моментами аналогично французскому тралу-имитатору типа Sterne. При этом, в отличие от трала-имитатора Sterne, у которого кольцевая вертикальная обмотка симметрична относительно центрального (ведущего) бую, у магнитного модуля

Трал-имитатор предназначен для использования на глубинах от 5 до 40 м, расстояния между магнитными модулями от 5 до 22,5 м, длина цепочки модулей (включая акустический) от 40 до 100 м. Длина цепочки регулируется в зависимости от длины корабля, проходная характеристика которого имитируется. Максимальная длина цепочки модулей позволяет заключить, что трал-имитатор MSMAM, как и трал Mini Dyad (Mike) австралийских ВМС, предназначен для имитации полей боевых размагниченных кораблей классов корвет и фрегат водоизмещением до 5000 тонн.

Магнитные модули EEG составляют электромагнитный тральный комплекс Promenika (рисунок 27), в схему буксировки которых включаются акустические излучатели типа SWIMS, AAG или PNM [10]. В состав каждого электромагнитного генератора входят источники электрического поля. Характеристики электрического тока для каждого генератора и источника электрического поля устанавливаются независимо друг от друга, что позволяет формировать сложные электромагнитные «портреты» имитируемых кораблей.

Неконтактный тральный комплекс Promenika в составе трёх электромагнитных модулей и акустического буксируется безэкипажным катером типа Steren Du (рисунок 28). В схему буксировки также включается экспериментальный модуль имитации гидродинамического поля GerEPS

(German Experimental Pressure Source) производства Германии (рисунок 29). Размеры модуля имитации гидродинамического поля существенно отличаются от размерений имитируемого корабля, но сближение с донной миной позволяет полем придонных давлений инициировать гидродинамический канал НВ при определённых настройках его чувствительности.

Обобщённые тактико-технические характеристики магнитных модулей тралов-имитаторов на основе взаимно ортогональных катушек и намагниченных соленоидов приведены в таблице 3.

Анализ данных таблицы показывает, что применительно к обеспечению размагниченных кораблей выбираемый на борт магнитный модуль на основе взаимно ортогональных катушек не уступает буксируемому магнитным модулям на основе соленоида.



Рисунок 27 – Электромагнитный тральный комплекс Promenika в составе трёх модулей EEG



Рисунок 28 – Безэкипажный катер Steren Du



Рисунок 29 – Элемент буксируемого гидродинамического трала GerEPS

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие зарубежных буксируемых неконтактных тралов-имитаторов началось в конце 1980-х годов и продолжается до настоящего времени [3, 9].

Типовые зарубежные буксируемые тралы-имитаторы по массогабаритным характеристикам и перечню решаемых задач по обеспечению физических полей кораблей различных классов, водоизмещения и размеров можно разделить на следующие группы:

- тяжёлые (Maxi Dyad) – количество магнитных модулей до 16, водоизмещение обеспечиваемых неразмагниченных кораблей и судов до 100000 тонн;
- средние (Mini Dyad, Sea Serpent, Sterne-M) – количество магнитных модулей 6–8, предназначены для обеспечения размагниченных кораблей водоизмещения до 10000–15000 тонн длиной 100–120 м;
- лёгкие (Micro Dyad, Promenika) – количество магнитных модулей до трёх, предназначены для обеспечения размагниченных кораблей малого водоизмещения до 3500 тонн длиной 50–100 м.

По способу применения типовые зарубежные буксируемые тралы-имитаторы разделяются три типа:

- 1) выбираемые на борт корабля ПМО (Sterne-M, MSMAM/Promenika) магнитные модули которых конструктивно выполнены в виде взаимно ортогональных катушек, в которых по-

даётся ток по задаваемой программе, технически совмещённых с плавучестью овальной или эллипсоидальной формы;

2) буксируемые кораблём ПМО (Maxi Dyad, Mini Dyad, Micro Dyad, Sea Serpent) с магнитными модулями собой соленоидного типа, намагничиваемыми по задаваемой программе. Постановка на воду осуществляется специальными подъёмными средствами;

3) буксируемые телеуправляемым безэкипажным катером (электромагнитный тральный комплекс Promenika – безэкипажный катер Steren Du), когда схема буксировки формируется заранее вне зоны применения средств ПМО для обеспечения безопасности экипажа корабля управления.

Вместе с тем буксируемые тралы-имитаторы имеют общий чрезвычайно важный недостаток: корабль-буксировщик вынужден идти впереди трала-имитатора на потенциальное минное поле, что не решает задачи обеспечения безопасности личного состава в процессе противоминных действий. Этот недостаток предопределил переход зарубежных ВМС на развитие в 2000-е годы телеуправляемых самоходных тралов-имитаторов впереди по курсу корабля-тральщика, а также применение телеуправляемых самоходных безэкипажных катеров и кораблей ПМО соответствующего водоизмещения для буксировки цепочки магнитных и акустических имитаторов ФПК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колпаков А. М. Минное оружие зарубежных государств. – СПб.: Морской корпус Петра Великого, 2003.
2. Донахью Г. Мины, минирование и противоминная оборона. – С-Петербург, 2004. – 264 с.
3. Силы и средства минной войны зарубежных ВМС. – Л.: ЦНИИ «Румб», 1988 – 168 с.
4. Annati M. Mine counter measures what is new? // Naval Forces. 2011. № 3. Vol. 32. P.14-21.

5. Kreisher O. Unmend MCM systems: the answer to all problems? // Naval Forces. 2009. № 3. Vol. 29. P. 56–65.
6. Бубличенко Г. Н., Гора Л. Н. Зарубежные тралы-имитаторы. – СПб.: ЦНИИ Гидроприбор, 2006. – 23 с.
7. Бубличенко Г. Н. О зарубежных тралах-имитаторах // Подводное морское оружие. – 2011. – Вып. 18. – С. 141–158.
8. Бубличенко Г. Н. Неконтактные электромагнитные тралы и тралы-имитаторы. Прошлое, настоящее, будущее // Подводное морское оружие. – 2018. – Вып. 6(43). – С. 21–45.
9. Scott R. Increasing influence: MHC Sweep prototype sets waypoints for autonomy // Jane's Navy International. 2018. Vol. 123. № 6. P. 26–32.
10. Зернюков Д. Основные направления развития противоминных тралов ВМС ведущих зарубежных стран // Зарубежное военное обозрение. – 2021. – № 7. – С. 73–76.

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ

THE POTENTIAL OF PARAMETRIC RADIATION TO BE USED IN UUV'S SONAR SYSTEMS

В статье рассматриваются результаты проектирования и испытаний макетов параметрических излучающих антенн с частотами накачки в диапазоне 80...130 кГц и приёмной антенны разностных частот от 3 до 15 кГц.

Ключевые слова: гидроакустика, гидроакустическая антенна, параметрическое излучение, частоты накачки, разностная частота, акустическое давление.

The paper considers the designing and test results for the parametric transmitting antenna prototypes with pump frequencies of 80-130 kHz as well as for the receiving antenna prototype with difference frequencies of 3-15 kHz.

Key words: hydroacoustics, sonar antenna, parametric radiation, pump frequencies, difference frequency, acoustic pressure.

Из теории нелинейной акустики известно о возможности использования нелинейного взаимодействия волн для создания широкополосных излучающих и приёмных антенн. Излучающим элементом в таких антеннах является объем среды, заполненный звуковым полем. Формирование диаграммы направленности параметрической антенны происходит в протяжённом участке среды, в котором взаимодействуют волны частот накачки излучающей антенны. Теория построения параметрических гидроакустических систем достаточно подробно рассмотрена в литературе [1,2]. Построение антенн для параметрической гидролокации необходимо рассматривать отдельно для режимов излучения и приёма.

ИЗЛУЧАЮЩАЯ АНТЕННА

Параметрическая антенна в режиме излучения включает два основных элемента: излучатель высокочастотных волн накачки f_1 и f_2 , а также об-

ласть водной среды протяжённостью L перед излучателем, в которой взаимодействуют волны накачки и формируется распространяющаяся далее волна разностной частоты $(f_2 - f_1)$. Изменением частот f_1 и f_2 электрических сигналов в пределах резонансной характеристики преобразователей накачки можно обеспечить плавную перестройку разностной частоты в широких пределах.

Ширина диаграммы направленности для волны разностной низкой частоты по уровню 0,7 практически равна ширине диаграммы направленности высокочастотных волн накачки. Положительным качеством параметрического излучателя является практически полное отсутствие боковых лепестков в диаграмме направленности. Форма диаграммы направленности определяется в основном продольным распределением амплитуд высокочастотных волн, которые уменьшаются по экспоненциальному закону с расстоянием от преобразователя накачки вследствие диссипации

или более сложным образом из-за дифракции и нелинейного затухания. Уровень боковых лепестков составляет порядка минус 50 дБ.

Узкая диаграмма направленности позволяет существенно увеличить точность и угловое разрешение на малых и средних дистанциях работы гидроакустических устройств. Отсутствие боковых лепестков сводит к минимуму реверберационную помеху от поверхности моря, что позволяет создавать прецизионные системы для гидроакустики.

При широкой полосе частот параметрических антенн обеспечивается возможность излучения очень коротких импульсов и импульсов со сложным спектром, вследствие чего повышается разрешение по дальности, уменьшается «мёртвая зона». Частотно-независимая диаграмма направленности может быть использована для определения импеданса отражающей поверхности.

Совокупность отмеченных положительных свойств параметрического преобразования обеспечивает возможность построения параметрической излучающей антенны, обладающей широкой полосой рабочих частот, малыми габаритами, постоянной и безлепестковой характеристикой направленности на различных частотах, что позволяет использовать её для активной локации и передачи информации в специализированных приёмно-излучающих комплексах.

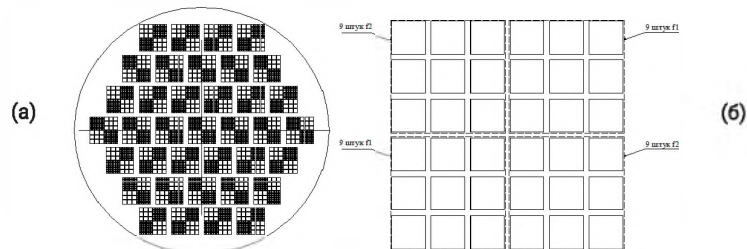


Рисунок 1 – Конструктивная схема формирования параметрической антенны (а) и каждой подрешётки (б)

В рамках одного из заказов Концерн была разработана параметрическая антенна с частотами накачки в диапазоне 120...130 кГц для излучения акустической мощности около 1 кВт и формирования характеристики направленности в пределах $(2,5...3,0)^\circ$ на разностных частотах 3...10 кГц.

Выбор апертуры производился исходя из необходимости обеспечения требуемого сектора облучения $(2,5-3)^\circ$ на частотах накачки. Поскольку требовалось сформировать апертуру, включающую в себя две совмещённые подрешётки с общим фазовым центром, формирующих только осевые ХН, то излучающие преобразователи в решётке были расположены в шахматном порядке. Для решения этой задачи были выбраны преобразователи с размером рабочей поверхности 6×6 мм, обеспечивающие эффективное излучение на частотах f_1 и f_2 .

Для формирования требуемого сектора облучения необходима апертура, состоящая из нескольких сотен преобразователей на частотах f_1 и f_2 . Для сборки этой антенны была проработана конструкция модульной антенной решётки, состоящей из 37 одинаковых подрешёток по 36 пьезопреобразователей в каждой (рисунок 1). Причём в каждой подрешётке преобразователи сгруппированы по 9 штук (3×3 преобразователя) на частоты f_1 и f_2 , а эти группы в апертуре антенны были установлены в шахматном порядке. Все-

го антенная решётка состоит из 1332 преобразователей по 666 на каждую частоту накачки частоты f_1 и f_2 .

Принципиальная электрическая схема антенны строится так, что все преобразователи режима на частоту f_1 соединяются параллельно и через кабель подключаются к генератору, преобразователи антенной решётки на частоту f_2 подключаются аналогично. В режиме излучения характеристики направленности антенны, формируемые на частотах накачки, приведены на рисунке 2.

носом по частоте от 3 до 10,5 кГц. Для обеспечения резонансных частот 122 и 129 кГц выбраны пьезоэлементы в виде брусков длиной 13,2 и 12,5 мм соответственно с поперечными размерами 6×6 мм. Такие пьезопреобразователи достаточно просты в изготовлении, так как не содержат никаких дополнительных деталей, кроме пьезоэлемента, и имеют относительно низкую цену. Частотная характеристика чувствительности отдельных преобразователей и антенны в режиме излучения приведена на ри-

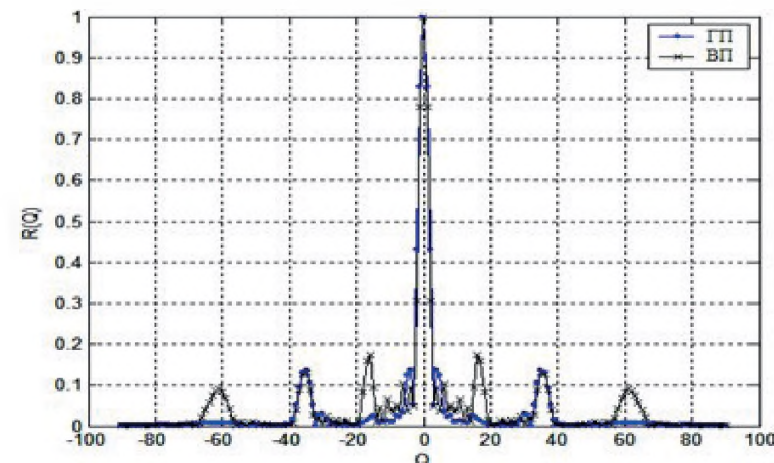


Рисунок 2 – Характеристики направленности на частотах накачки в горизонтальной и вертикальной плоскостях

Расчётная ширина основного лепестка этой ХН в ГП равна $2,7^\circ$, а в ВП – $2,4^\circ$, коэффициент концентрации – 1400. При излучении каждым каналом антенны на частотах f_1 и f_2 акустической мощности ~ 1 кВт расчётное значение акустического давления на расстоянии 1 м составляет $4,2 \times 10^5$ Па.

Для комплектации излучающей параметрической антенны использованы два типа стержневых преобразователя из пьезосостава ЦТБС-3, эффективно работающих на продольном резонансе в режиме излучения на частотах в диапазоне 120–130 кГц с раз-

сунке 3. Чувствительность в режиме излучения отдельных преобразователей на частоте резонанса составляет (6-7) Па м/В, коэффициент полезного действия – не менее 30%.

Для излучения акустической мощности 1 кВт антенной, состоящей из 666 преобразователей, требуется подводить напряжение $U_{эл.}$ до 200 В. При этом удельная акустическая мощность излучения составит $4,2$ Вт/см², что допустимо для выбранного типа преобразователей.



Рисунок 3 – Нормированные частотные характеристики чувствительности преобразователей на частотах накачки

С учётом выбранной апертуры этой антенны её конструктивную компоновку удалось выполнить в корпусе круглой формы с диаметром рабочей поверхности 310 мм. Ориентировочная масса антенны без кабеля составила около 20 кг при водоизмещении ~ 6,0 дм³.

ПРИЁМНАЯ АНТЕННА

Приёмная антенна должна обеспечивать приём отражённого сигнала параметрического излучателя в диапазоне частот формируемой разностной частоты от 3 до 10,5 кГц. Выбор типа преобразователя приёмной антенны основывался на том, чтобы его чувствительность в указанном диапазоне разностных частот была максимальной.

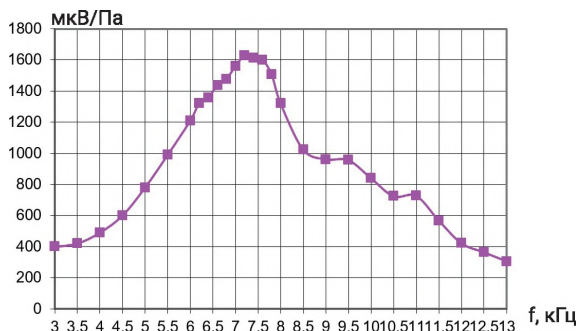


Рисунок 4 – Частотная характеристика чувствительности приёмной антенны

Рассматривалось несколько типов преобразователей, обеспечивающих работу как в области резонанса, так и вне резонанса. Все из рассмотренных преобразователей обеспечивают работу в заданном частотном диапазоне, но их чувствительность составляет от нескольких десятков до 400 мкВ/Па. Максимальной чувствительностью в этом частотном диапазоне обладает разработанный ранее стержневой составной пьезопреобразователь с резонансной частотой около 5 кГц и развитой рабочей накладкой с размерами 110×98 мм. Частотная характеристика чувствительности приёмной антенны на основе таких пьезопреобразователей в режиме приёма приведена на рисунке 4.

Для повышения чувствительности антенны введено последовательно-параллельное электрическое соединение пьезоэлементов в преобразователях. Весь пьезоблок разделён на две последовательно соединённые группы по 6 параллельно соединённых элементов в каждой. При этом электрическая ёмкость преобразователя составила 11,0 нФ, чувствительность на максимуме частотной характеристики – 2 400 мкВ/Па, а на краях рабочей (разностной) частоты – не менее 800 мкВ/Па.

Сформировать приёмную антенну с шириной характеристики направленности на разностной частоте, сравнимой с направленностью на частоте накачки (2,5–3)°, практически невозможно, поскольку она для диапазона 3...10,5 кГц составляла бы от 0,5 до 10 м, поэтому применительно к подводным аппаратам размер приёмной антенны выбирается из возможного габарита для размещения её на аппарате. Так, если задаться предельным габаритом 800 мм, то апертуру приёмной антенны можно сформировать из 30 рассмотренных выше пьезопреобразователей. Пример такой апертуры представлен на рисунке 5. Максимальный размер этой апертуры составляет 670 мм.

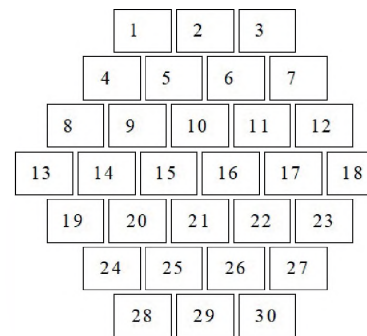


Рисунок 5 – Пример апертуры приёмной антенны для приёма отражённых сигналов с разностной частотой в диапазоне 3-10,5 кГц

Расчётные характеристики направленности антенны на крайних точках частотного диапазона приведены на рисунке 6. Видно, что выбранная антенная решётка обеспечивает формирование ХН с шириной основного лепестка по уровню 0,7 ~ (40...48)° на частоте 3кГц и ~(11...13)° на частоте 10,5 кГц во всём пространственном секторе. Уровень первых боковых лепестков ХН в верхнем диапазоне частот составляет (9...13)%.

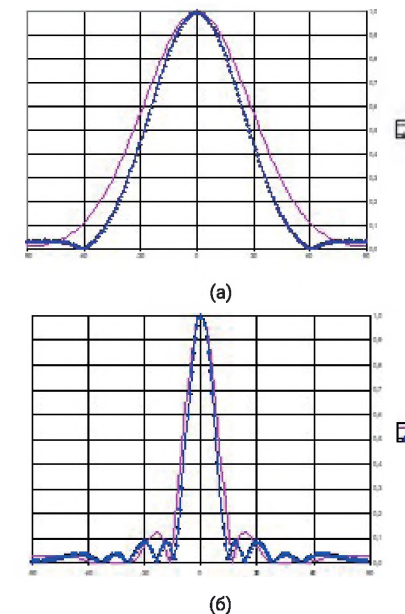


Рисунок 6 – Характеристики направленности приёмной антенны на частотах 3 кГц (а) и 10,5 кГц (б)

Для обеспечения соосности излучающей и приёмной антенн и размещения излучающей и приёмной антенн в едином корпусе был проработан вариант их конструктивного совмещения.

Модификация апертуры такого совмещённого антенного устройства с исключением двух крайних преобразователей приёмной антенны и встраиванием в эту часть излучающей ан-

тенны приведена на рисунке 7.

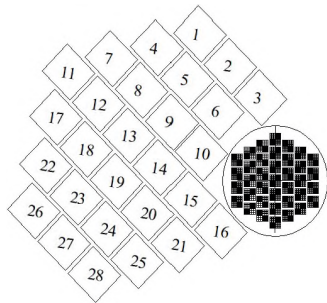


Рисунок 7 – Апертура совмещённого приёмно-излучающего устройства параметрического гидролокатора

Расчётные характеристики направленной приёмной антенны в такой компоновке на крайних точках частотного диапазона мало отличаются от представленных на рисунке 6.

Совмещённое размещение обеих антенн в едином корпусе приводит к увеличению его габаритов по диаметру до 1100 мм. Масса такого антенного устройства увеличивается до 363 кг, а водоизмещающий объем до 210 дм³.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ

Из общетехнической литературы [2] известны результаты разработки и практического использования параметрических систем, подтверждающие применимость эффекта нелинейного взаимодействия волн для задач гидроакустики. Однако достигнутые параметры в этой литературе не обсуждаются.

Для приёма сигналов разностной частоты предусматривается использование антенны, выполненной традиционным способом, и экспериментальное подтверждение её работоспособности не требуется.

Подтверждением реализуемости параметрического излучателя с задаваемыми параметрами могут служить

результаты разработки, изготовления и испытаний макетов параметрических излучающих антенн, включая натурные проверки. При выполнении этих работ были исследованы два варианта модульного построения излучателей на основе преобразователей с резонансной частотой 80 кГц (ширина АЧХ до 14 кГц), а также с преобразователями, имеющими резонансные частоты 120 и 130 кГц.

При этом преобразователи на 120 кГц имели габариты 6×6×13,4 мм; на 130 кГц – 6×6×12,6 мм, близкие к рассмотренной ранее антенне. В составе каждого модуля были реализованы две линейки (два ряда) по 30 преобразователей на каждую частоту накачки.

Преобразователи на 80 кГц имели диаметр рабочих накладок 16 мм. Два испытуемых модуля содержали соответственно 22 и 24 преобразователя с рабочей поверхностью 290×70 мм.

Параметры испытуемых макетов излучающих параметрических антенн:

- диапазон разностных частот – (5...15) кГц;
- ширина ХН на уровне 0,7 в ГП – (1...3)°;
- ширина ХН в ВП – для двух режимов: 8° и 45°;
- излучаемая на частотах накачки акустическая мощность (1...2) кВт;
- электроакустический КПД на частотах накачки – не менее 30%.

Перед установкой в макеты антенн модули проходили проверку в гидроакустическом бассейне на ограниченном расстоянии 2,1 м (в ближней зоне). Полученные данные по бассейновым измерениям 3-х модулей с резонансными частотами 120, 125 и 130 кГц приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры излучающей антенны на частотах накачки

Параметры	№№ модулей					
	01		02		03	
Ширина ХН на уровне 0,7, град: в ГП в ВП	f _{н1} = 120 кГц	f _{н2} = 125 кГц	f _{н1} = 125 кГц	f _{н2} = 130 кГц	f _{н1} = 120 кГц	f _{н2} = 125 кГц
	3,5	3,5	4,0	3,5	4,0	3,0
	82	86	63	64	80	83
Эффективность излучения, Па/В	144	151	112	134	192	148,5
Ширина АЧХ, кГц	12,5	13,5	13	18	11	10

Из отобранных модулей (01 и 03) была сформирована линейная антенна с размерами ≈ 400×20 мм, испытания которой были проведены в натурных условиях на расстоянии 7,3 м. В качестве генераторов использовались измерительные модуляторы, развивавшие на частотах накачки электрическую мощность (50–100) Вт. Результаты этих испытаний, включая измеренное акустическое давление P_a на частотах накачки и разностной частоте, представлены в таблице 2.

Уровень бокового поля определить

не удалось из-за малого отношения сигнал/шум на разностной частоте.

Макет антенны с резонансной частотой 80 кГц был сформирован из шести модулей, расположенных в два ряда (по три модуля в ряду), и имел размеры 900×150 мм. Испытания этой антенны проводились в натурных условиях на расстояниях 15 и 30 м при подводимых электрических мощностях на частотах накачки в импульсе (25–50) Вт. Результаты испытаний приведены в таблице 3.

Таблица 2 – Параметры макета линейной излучающей параметрической антенны

Параметры	Частоты накачки, кГц					
	122	127	117	127	115	130
Ширина ХН в ГП на частотах накачки на уровне 0,7, град	2,1	2,4	2,0	2,4	2,2	2,2
Излучаемое P _a на частотах накачки давление, Па	6923	5769	8333	6154	10800	10000
Параметры	Разностная частота, кГц					
	5		10		15	
Ширина ХН в ГП на разностной частоте на уровне 0,7, град	2,5		2,4–4		2,4–3,2	
Излучаемое P _a на разностной частоте давление, Па	3,0		6,2		7,6	

Таблица 3 – Параметры макета излучающей параметрической антенны

Параметры	$f_{n1} = 80$ кГц	$f_{n2} = 85$ кГц	$f_{n1} = 74$ кГц	$f_{n2} = 84$ кГц	$f_{n1} = 72$ кГц	$f_{n2} = 87$ кГц
	Расстояние 15 м					
Ширина ХН в ГП на частотах накачки, град	1,6	2,0	2,0	1,7	1,5	1,5
Параметры	$f_p = 5$ кГц		$f_p = 10$ кГц		$f_p = 15$ кГц	
	Расстояние 15 м					
Ширина ХН в ГП на разностной частоте на уровне 0,7, град:	2,0		3,0		1,5	
Развиваемое P_n на разностной частоте давление, Па	3,0		4,0		9,0	
Расчётное значение P_n развиваемого на разностной частоте для мощности 25...50 Вт давления, Па	3,0...6,0					
Параметры	$f_p = 5$ кГц		$f_p = 10$ кГц		$f_p = 15$ кГц	
	Расстояние 30 м					
Ширина ХН в ГП на разностной частоте на уровне 0,7, град	1,3		1,1		1,2	
Развиваемое P_n на разностной частоте давление, Па	2,4		3,7		6,3	
Расчётное значение P_n развиваемого на разностной частоте для мощности 25...50 Вт давления, Па	2,3...4,6					

Применительно к приёмным антеннам было экспериментально подтверждена возможность повышения чувствительности антенн при параллельно-последовательном соединении пьезоэлементов в преобразователях. На рисунке 8 представлены амплитудно-частотные характеристики одной и той же антенны при переходе с параллельного включения пьезоэлементов в преобразователях на последовательное.

Эти испытания подтвердили, что, введя последовательно-параллельное включение пьезоэлементов в преобразователях антенн, можно обеспечить повышение чувствительности её в рабочем диапазоне. Причём величина повышения чувствительности может быть значительной (в несколько раз) при соответствующем уменьшении электрической ёмкости преобразователей.

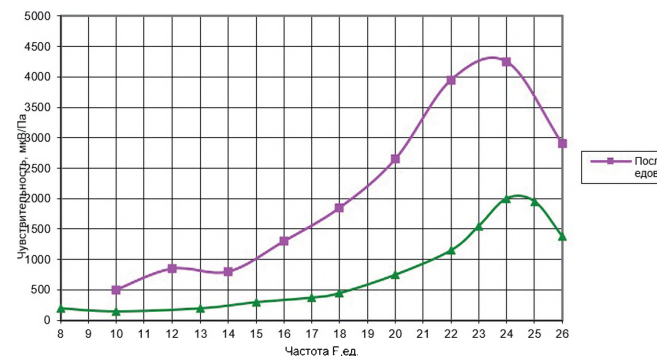


Рисунок 8 – Амплитудно-частотные характеристики чувствительности антенны при параллельном и последовательно-параллельном включении пьезоэлементов

Результаты испытаний подтвердили на практике возможность формирования за счёт нелинейного взаимодействия в водной среде волн накачки весьма узкой ХН параметрической антенны на низких разностных частотах в достаточно широкой полосе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатами работы показаны:

- возможность узконаправленного низкочастотного излучения антеннами малых размеров, в частности формирования в излучении лучей с шириной ХН $(1,1...2)^\circ$ на разностных частотах 5, 10 и 15 кГц при размере апертуры до 900 мм;
- практическое равенство ширины ХН на частотах накачки и разностных частотах;
- хорошее соответствие характера

изменения давления с расстоянием на разностной частоте, а также величин измеренных акустических давлений теоретически рассчитанным;

- обеспечение величины акустического давления на разностных частотах до 80 Па для испытанных макетов антенн при пересчете к значению акустической мощности 1 кВт на частотах накачки и возможность получения акустического давления на разностной частоте на уровне до нескольких сотен Па при повышении эффективности излучения антенны параметрического гидролокатора на частотах накачки;
- возможность повышения чувствительности приёмных пьезопреобразователей за счёт последовательно-параллельного соединения их пьезоэлементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новиков Б. К., Руденко О. В., Тимошенко В. И. Нелинейная гидроакустика. – Л.: Судостроение, 1981. – 264 с.
2. Волощенко В. Ю., Волощенко А. П. Параметрические гидроакустические средства ближнего подводного наблюдения. – Ростов-на-Дону, Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2018. – 176 с.

МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА НЕРИТМИЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

THE PREDICTION AND DECISION MODEL OF NONSMOOTH PRODUCTION FLOW FOR THE DEFENSE-INDUSTRIAL SECTOR

В данной статье рассмотрена математическая модель неритмичного производства оборонно-промышленного комплекса, определены сферы применения и преимущества модели прогнозирования, проанализирован оборонно-промышленный комплекс РФ, выявлены проблемы неритмичности производства данной отрасли, и обозначены особенности принятия решений.

Ключевые слова: ритмичность производства, экономические показатели производства, прогнозирование, математическая модель.

The article presents the mathematical model of nonsmooth production flow for the defense-industrial complex. It also lists the model advantages and its range of application, studies the subject of the Russian defense-industrial complex with its relevant problems of nonsmooth production flow, and defines decision-making features.

Key words: smooth production flow, economic indexes of production, prediction, mathematical model.

Современный мир диктует условия, которые обязывают оборонно-промышленный комплекс Российской Федерации оперативно реагировать на складывающуюся обстановку. Под этим подразумевается увеличение производственных сил, оптимизация и совершенствование производственных процессов на всех направлениях. В связи с этим возникает потребность в использовании актуальных методов планирования и прогнозирования, которые являются неотъемлемой частью эффективного управления предприятием.

Оборонно-промышленный комплекс (ОПК) – это совокупность организаций, занимающихся научно-исследовательскими, проектно-конструкторскими, испытательными работами, а также производственные предприятия, которые реализуют проекты и

проектные работы, направленные на обслуживание и производство военной и специальной техники, амуниции, боеприпасов для государственных силовых структур. Примером являются такие крупные предприятия, как АО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей», АО «Корпорация «Тактическое ракетное вооружение», АО «НПК «Уралвагонзавод имени Дзержинского».

Развитие ОПК определяет направление экономического развития страны, является драйвером российской экономики. Расходы федерального бюджета по статье «Национальная безопасность» (по данным документа «Основные направления бюджетной, налоговой и таможенно-тарифной политики на 2023–2025 гг.») можно представить в виде таблицы и графика (таблица 1, рисунок 1).

Таблица 1 – Расходы на национальную оборону

Год	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Расходы, млрд. руб.	2997,4	3168,8	3573,6	4678,7	4981,6	4648,8	4208,4

Расходы, млрд.руб.

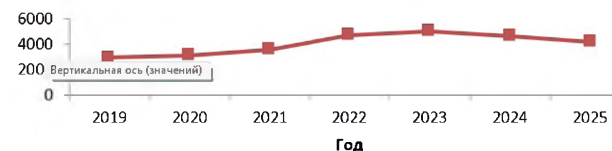


Рисунок 1 – Расходы на национальную оборону согласно направлениям бюджетной политики

Согласно представленным данным, в 2023 году ожидается рост затрат по статье «Национальная оборона» и как следствие – развитие оборонно-промышленного комплекса в целом.

Важной характеристикой производства оборонно-промышленного комплекса РФ в настоящей ситуации является ритмичность. Ритмичность производства – это соблюдение ритмичного выпуска продукции и ритмичность работы. При этом производственный процесс построен на принципе непрерывности и при этом все операции осуществляются непрерывно, без перебоев. Все предметы труда движутся непрерывно с операцией на операцию. Соблюдение сроков выпуска продукции, бесперебойное протекание производственного процесса и полное использование производственных ресурсов формирует график.

Но современные предприятия ОПК сталкиваются с негативными внешними и внутренними факторами, такими как низкий уровень планирования и контроля, организации технологии и материально-технического обеспечения, несвоевременная поставка сырья и материалов поставщиками и другими. Все эти факторы ведут к тому, что производство стремится к неритмичности.

Следствием неритмичности является то, что ухудшаются все экономические показатели. Снижается качество продукции, увеличивается объем незавершенного производства и сверх-

плановые остатки готовой продукции на складах и, как следствие, замедляется оборачиваемость капитала, не выполняются поставки по договорам, предприятие платит штрафы за несвоевременную отгрузку продукции, несвоевременно поступает выручка, перерасходуется фонд заработной платы, в связи с тем что в начале периода рабочим платят за простои, а в конце – за сверхурочные работы. Всё это приводит к повышению себестоимости продукции, уменьшению суммы прибыли, ухудшению финансового состояния предприятия.

Предотвращение прерываний в графике работ проекта можно осуществить с помощью профессионального планирования, основой которого является прогнозирование. Прогнозирование – это вид деятельности, позволяющий с помощью специальных методов получить информацию о будущем состоянии объекта. Методы могут быть как математические (статистические), основанные на использовании математических моделей и закономерностях, так и экспертные, предполагающие использование знаний, опыта и суждений экспертов.

Стоит отметить, что в основном на предприятиях применяются разработанные методы прогнозирования на основе предыдущего опыта. В результате полученные данные используются для формирования плана.

Для того чтобы производство было ритмично, необходимо заложить опережение в производственный план и

план по труду по каждому виду изделий и построить производственный процесс непрерывно. Опережение сверх плана будет характеризоваться коэффициентом, который базируется на данных из прошлого периода.

Правильная корректировка планов является основным способом борьбы с неритмичностью на производстве.

Прогнозирование на основе прошлых значений является эффективным, но может быть дополнено иными математическими методами для нивелирования негативных факторов путём принятия оперативных решений. В таком случае прогноз формируется в режиме реального времени и решения принимаются на основе текущего положения дел, а не только утверждённого плана.

В рамках проекта работу условно подразделяют на непрерывную и дискретную. Математическая модель в случае, когда общая работа имеет непрерывный характер, можно описать с помощью формулы:

$$A = y \cdot \int_{T_0}^T dA, \quad (1)$$

где y – коэффициент производительности;

T_0 – время начала проекта;

T – время окончания проекта;

A – работа в непрерывном случае.

$$dA(t) = a(t)dt, \quad (2)$$

где $a(t)$ – скорость изменения работы, которая является непрерывной функцией, и изменения в проекте могут произойти в любой момент времени.

Таблица 2 – Соотношение работы и объёма работы по проекту

Результат	Комментарии
$A \leq V$	Благоприятная ситуация. Команда справляется с проектом. Нарушений по времени не наблюдается, поэтому проект должен завершиться в намеченный срок. Управленческие решения сводятся к контролю качества хода работ.
$A > V$	Неблагоприятная ситуация, когда необходимо принимать кардинальные управленческие решения, которые оказывают влияние на ход проекта. Выполнение плана невозможно.

Если время имеет дискретный характер, то дискретная работа будет представлять собой сумму для конечного множества точек, в которых происходят изменения в работе:

$$A = \sum_{i=1}^n A_i, \quad (3)$$

Рассмотрим математическую модель, которая позволяет своевременно предупредить управляющий персонал о том, что выполнение плана и сдача заказа в срок под угрозой.

Пусть суммарная суточная производительность труда всех рабочих:

$$\Pi = \sum_{i=1}^l k_i, \quad (4)$$

где Π – общая производительность;
 l – количество работников;
 k_i – производительность i -го работника.

Количество «чистых» рабочих дней до завершения проекта:

$$t = d_2 - d_1 - d_x, \quad (5)$$

где d_1 – текущая дата;
 d_2 – дата сдачи заказа;
 d_x – количество выходных дней. Теоретический объём работ, который может быть выполнен на производстве:

$$V = \Pi \cdot t \quad (6)$$

Пусть – объём работ (количество изделий, которое нужно сделать), тогда если $A \leq V$, то задача заказа будет осуществлена в запланированный срок. Сформулируем промежуточные выводы в таблице 2.

Рассмотрим пути решения проблемы во втором случае, когда $A > V$.

Для разрешения данной ситуации возможны разные варианты. Наиболее эффективными являются:

1. принятие на работу дополнительных сотрудников;

2. согласование даты сдачи на более поздний срок.

В первом случае представим модель, которая предлагает вычислить количество сотрудников, которых необходимо нанять для выполнения заказа в срок. При этом будем учитывать производительность труда работников.

$$N_{max} = \frac{A-V}{k_{min}}, \quad (7)$$

где N_{max} – максимальное количество работников с минимальной производительностью труда;

k_{min} – минимальная производительность.

$$N_{min} = \frac{A-V}{k_{max}}, \quad (8)$$

где N_{min} – минимальное количество работников с максимальной производительностью труда;

k_{max} – максимальная производительность.

Во втором случае рассмотрим модель, которая позволяет вычислить в данный момент времени, на какое количество дней требуется сдвинуть срок.

$$M = \frac{A-V}{\Pi} \quad (9)$$

Производительность и объём работы не оценивают эффективность работы команды на данном этапе, поэтому одним из важных вопросов является вопрос, насколько эффективно команда справляется с проектом. Необходимо сопоставить работу и объём работ по проекту. Для построения математической модели прогнозирования используется математическая функция, которая определяет знак соотношения непрерывной работы и всем объёмом работы по проекту. Для оценки данного соотношения рассмотрим разность между указанными факторами:

$$\text{sgn}\left(\frac{A}{n \cdot \Pi} - N\right), \quad (10)$$

где $A = \int_{T_0}^T a(t)dt$;

n – число работников, задействованных в реализации проекта;

N – число дней по проекту.

Возможны три соотношения между работой и её объёмом (таблица 3).

Таблица 3 – Описание результата по проекту

Результат	Комментарии
$\text{sgn} < 0$	Критическая ситуация, которая говорит о том, что команда не справляется с задачами проекта. Необходимы креативные подходы для исправления ситуации, чтобы проект изменил свою эффективность.
$\text{sgn} = 0$	Благоприятная ситуация: команда справляется с работой по проекту в срок, обеспечение трудовыми ресурсами оптимальное.
$\text{sgn} > 0$	Ситуация, когда по трудовым ресурсам есть резерв. Можно предоставить сотрудникам отпуск, либо можно ускорить процесс для завершения проекта в более короткие сроки, либо можно провести сокращение сотрудников для экономии заработной платы.

Рассмотрим более подробно первый случай, когда $sgn < 0$. Для повышения эффективности проекта и сохранения сроков выполнения работ существует несколько подходов:

- увеличить количество людей, которые реализуют проект;
- увеличить производительность каждого сотрудника производства;
- увеличить количество времени проекта.

ВЫВОДЫ

Прогнозирование на неритмичном производстве включает анализ представленных выше моделей. Сначала учитывается характер работ по про-

екту – дискретный или непрерывный. Затем анализируется соотношение объема работ и всей работы в целом. Конечным этапом процесса прогнозирования является определение знака разности между работой и её объемом. Таким образом, если в ходе исследования выявляется критическая ситуация, то предлагаются мероприятия, которые направлены на повышение эффективности проекта.

В заключении стоит отметить, что на основе предложенных моделей целесообразно создание программного продукта или перенос формул в электронную таблицу Excel для удобства использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бернштейн Л. А. Обеспечение непрерывной работы предприятия. – М.: Финансы и статистика, 2007. – 360 с.
2. Гранберга А. Г. Статистическое моделирование и прогнозирование. – М.: Финансы и статистика, 1990. – 382 с.
3. Дятлов С. А., Селищева Т. А. Оборонно промышленный комплекс России как основа инновационного развития экономики страны. – Омск, 2009. – 15 с.
4. Иванов И. Н. Экономика промышленного предприятия / И. Н. Иванов. – М.: Инфра-М, 2011. – 85 с.
5. Моисеенко Ж. Н. Прогнозирование и планирование деятельности предприятия. – Ростов н/Д: Донской ГАУ, 2019. – 154 с.
6. Тягуенко А. В. Управление производством. – М.: Олма-пресс, 2006. – 398 с.
7. Чернова Т. В. Экономическая статистика. – Таганрог: ТРТУ, 1999. – 140 с.

СОЗДАНИЕ СИСТЕМ ВООРУЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДОЛОГИИ СИСТЕМНОЙ ИНЖЕНЕРИИ

DEVELOPMENT OF WEAPON SYSTEMS ACCORDING TO THE SYSTEM ENGINEERING STRATEGY

В статье на основе анализа сложившихся условий в области развития вооружения ВМФ исследуются направления совершенствования методов и технологий их создания и эксплуатации. Кратко анализируются основные современные тенденции развития и оптимизации процессов создания вооружения ВМФ, а в качестве одного из основных направлений рассматривается реализация методов, моделей и технологий системной инженерии. Основное внимание в статье уделено рассмотрению системно-инженерного подхода к созданию сложных образцов высокотехнологичной продукции, в том числе ВВТ.

Ключевые слова: автоматизация, цифровизация, системная инженерия, системный подход, жизненный цикл, уровень зрелости технологий, уровень готовности технологий, уровень готовности производства.

Based on the study of the existing condition of naval weapon development, the paper investigates ways of methodological and technological improvements in weaponry production and use. Also examined are the current trends of weapon-building development and optimization, with implementation of system engineering methods, models and technologies among the basic trends. The emphasis is on the system-engineering approach to the development of advanced technology products.

Key words: automation, digitization, system engineering, system approach, life cycle, technology-maturity level, technology-readiness level, industry-readiness level

Изменение условий применения оружия и вооружения ВМФ, проявившееся в вооруженных конфликтах последнего времени, обусловлено приоритетным развитием средств поражения, направленным, в первую очередь, на снижение их заметности в широком диапазоне длин волн и увеличением скоростных и маневренных характеристик, появлением новых типов средств поражения, таких как беспилотные аппараты различных типов и гиперзвуковые летательные аппарата (ГЗЛА) [1, 2].

Эти факторы, в совокупности с резким повышением качества информационного обеспечения применения средств поражения и развитием средств радиоэлектронного проти-

водействия, привели к изменению организации и способов применения корабельных комплексов оружия и вооружения, а также к значительному повышению требований к ним [1, 2].

В этих условиях основными направлениями реализации требований к перспективным образцам вооружения являются: повышение уровня автоматизации процессов создания и эксплуатации, включая применение по назначению; оптимизация и цифровизация процессов создания и эксплуатации; применение инновационных технологий, методов и моделей в процессах жизненного цикла [3].

Автоматизация предполагает замену ручных операций на автоматизированные с использованием ЦВМ.

Реализуется внедрением IT-решений, повторяющихся, как правило, имеющиеся процессы, т. е. не приводит к их совершенствованию.

Цифровизация – процесс организации выполнения в цифровой среде функций и деятельности ранее выполнявшихся без использования цифровых технологий. Предполагает улучшение существующих процессов путем внедрения IT-решений, методов оптимизации процессов, реинжиниринг процессов.

Цифровая трансформация – глубокие и всесторонние изменения в процессах, связанные с масштабным применением цифровых технологий. Цифровая трансформация предполагает появление новых моделей процессов создания и эксплуатации вооружения, а также новых возможностей цифровых технологий, что, в свою очередь, приводит к появлению новых результатов в виде инновационных образцов вооружения и процессов их создания и эксплуатации с принципиально новым качеством [3].

Кроме того, для перспективных образцов ВВТ одной из ведущих, можно считать тенденцию снижения участия личного состава в боевой работе (целевом применении) образца и в эксплуатационных мероприятиях.

Реализация перечисленных ведущих тенденций и технологий в ведущих зарубежных странах предполагает использование системной инженерии как основного методологического подхода в создании перспективных образцов вооружения.

Системная инженерия (systems engineering): Междисциплинарный подход, управляющий полным техническим и организаторским усилием, требуемым для преоборужения ряда потребностей заинтересованных сторон, ожиданий и ограничений в решение и для поддержки этого решения в течение всего жизненного цикла [4].

Подходы, методы и технологии, раз-

работанные в рамках системной инженерии, прошли тщательную отработку в США и других ведущих зарубежных странах при создании вооружения, а в дальнейшем были стандартизированы международными организациями по стандартизации (ИСО - Международная организация по стандартизации, МЭК – Международная электротехническая комиссия, и др.).

На сегодняшний день, практически вся высокотехнологичная продукция в ведущих зарубежных странах создается с использованием методов и технологий системной инженерии. Основными концепциями системной инженерии являются [4, 5]:

- системный подход, предполагающий системный анализ и синтез с учетом сложности создаваемой системы, требований к ней, условий создания и эксплуатации, и т.д.;

- концепция жизненного цикла, предполагающая необходимость управления ЖЦ как единой системой, а также взаимодействие заинтересованных сторон на всех стадиях и этапах ЖЦ, направленное на: обоснование оптимальных характеристик системы, достижение их в процессе создания и поддержание заданных показателей в процессе ее эксплуатации;

- процессный подход к системе, регламентированный стандартами серии ИСО 9000, предполагающий рассмотрение процессов ее создания как управляемой деятельности во времени с целью получения желаемых результатов, с учетом располагаемых ресурсов всех видов и ограничений, в том числе нормативных;

- принципы целостности (интегативности), т. е. полноты охвата всех частей сложной системы согласованным их целым с учётом взаимосвязей, и междисциплинарности, т. е. полноты охвата всех дисциплин, предполагающей объединение усилий специалистов различных областей в процессах

создания и эксплуатации систем.

Кроме того, в отличие от специалиста конкретной дисциплины (соответствующей предметной области), фокусом внимания системного инженера являются основные аспекты процессов жизненного цикла системы, такие как формирование и управление требованиями, управление конфигурацией, управление рисками, принятие решений, а также оценка эффективности и стоимости образца.

Изложенные принципы существенным образом отличаются от подходов, реализованных в «системе разработки и постановки на производство военной техники (СРПП ВТ)», которая является нормативной основой создания вооружения Вооруженных Сил Российской Федерации. В этой связи видится целесообразным, использование лучших методов, моделей и практик системной инженерии в существующей нормативной базе создания вооружений в Российской Федерации. Для этого необходимо исследование и адаптация методов, моделей и практик с учетом специфики условий создания вооружения у нас в стране.

Исследование методологии системной инженерии в одной статье нецелесообразно по причинам ограниченности ее размеров. Поэтому в данной статье целесообразно рассмотреть с единых методологических позиций процессы жизненного цикла создаваемой системы – «образец высокотехнологичной продукции», а в последующих статьях уделить большее внимание методам, моделям и технологиям решения конкретных задач в процессе жизненного цикла системы.

Схема жизненного цикла системы – «образец высокотехнологичной продукции» представлена на рисунке 1.

В каждой строке схемы, начиная со второй представлены соответствующие аспекты жизненного цикла системы, а также последовательность про-

цессов и результаты процессов.

Во второй строке представлены категории научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Видно, что фундаментальные исследования не являются частью жизненного цикла системы.

Жизненный цикл начинается с формирования цели и задач системы, а также потребностей заказчика к ней. При этом учитываются имеющийся технологический задел, ресурсные и нормативные ограничения.

На основании документа (на рисунке 1 обозначен красным цветом) принимается решение на разработку образца. С этого момента начинается жизненный цикл системы – фаза 0 в четвертой строке рисунка 1. На этой фазе должны быть исследованы все возможные альтернативные варианты достижения цели разработки системы.

Фазы жизненного цикла имеют некоторое содержательное сходство со стадиями жизненного цикла в системе СРПП ВТ (ГОСТ РВ 15004-2004). Ниже, в этой же строке представлено основное содержание выполняемых на этой фазе работ, а цифрами в кругах обозначены предполагаемые результаты фазы. В последних строках рисунка представлены уровни технологической готовности системы и уровни готовности производства, необходимые для оценки уровня зрелости технологий и системы.

Методика оценки следующая. Для каждой подсистемы образца методом экспертной оценки определяется соответствующие уровни готовности технологий, уровень готовности производства, уровень интеграции подсистем в систему (на рис.1 не показан) и уровень готовности системы (также не показан) по соответствующей шкале (от 1 до 9 или от 1 до 10, рисунок 1). Так как различные подсистемы (элементы) могут находиться на разном уровне готовности (даже являть-

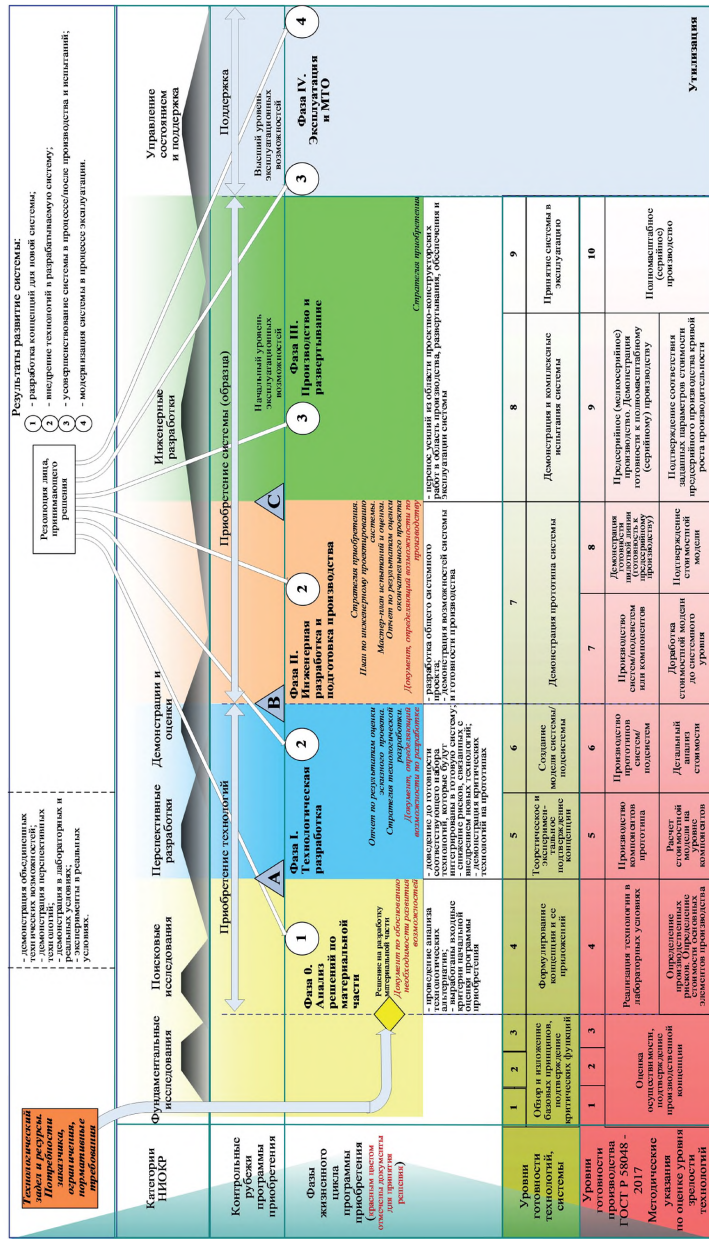


Рисунок 1 – Схема жизненного цикла высокотехнологичной продукции, реализованная на принципах системной инженерии

сякупаемыми, т.е. производимыми другим подрядчиком), а заказчика интересует уровень готовности системы в целом, то в соответствии с методикой, приведенной в [6] можно рассчитать уровень готовности системы в целом и определить на каком этапе жизненного цикла находится система. Это дает представление заказчику о сроках, рисках, а соответственно об эффективности всего проекта и является информацией для принятия решения.

Точки принятия решения обозначены на рис. 1 буквами в треугольниках (А, В, С). Именно в этих точках реализуется управление процессом создания системы. Процедура принятия решения представляет собой выбор одного из вариантов, представленных в таблице 1. Принятие решений осуществляется по соответствующим показателям эффективности, риска, стоимости и временным параметрам. Это означает, что при формировании

требований к образцу формируется программа желаемых характеристик системы, в точках принятия решений (комплекс метода программного управления и управления по контрольным точкам) и по степени отклонения от желаемых характеристик выбирается вариант продолжения или завершения проекта по созданию системы.

При переходе от фазы 0 к фазе 1 подтверждаются достигнутые результаты в области реализации технологий создания будущей системы с помощью практических результатов (моделей, демонстраторов технологий, и др.), в том числе и в будущих условиях эксплуатации (рисунок 1).

При успешном завершении фазы III, начинается эксплуатация созданной системы, основным содержанием которой для заказчика является использование по целевому назначению, а для подрядчика (исполнителя системы) – интегрированная логистическая поддержка [9].

Таблица 1 – Варианты решений в процессе жизненного цикла системы [4]

Стадии и фазы жизненного цикла	Цель	Варианты решений
Замысел	<ul style="list-style-type: none"> – Определить потребности заказчиков – Исследовать концепции – Предложить жизнеспособные решения. 	– Исполнение следующего этапа.
Соответствует Фазе 0		
Разработка	<ul style="list-style-type: none"> – Уточнить требования к системе. – Создать проект решения. – Построить систему – Провести верификацию и валидацию системы 	– Продолжение этапа.
Соответствует Фазам I, II		– Переход к предыдущему этапу.
Производство	<ul style="list-style-type: none"> – Производство системы. – Инспектирование и тестирование 	
Соответствует Фазе III		
Эксплуатация	<ul style="list-style-type: none"> – Использование системы для удовлетворения нужд заказчиков. 	<ul style="list-style-type: none"> – Задержка в исполнении проекта. – Остановка проекта
Соответствует Фазе IV		
Сопровождение	– Обеспечение поддерживаемых системных возможностей	
Снятие с эксплуатации	Хранение, архивирование или списание системы	

Таким образом, на рисунке 1 по строкам представлена последовательность выполнения фаз жизненного цикла, а по столбцам соответствующие действия, документы и результаты.

Аналогичный подход реализован для образцов вооружения ВС США и представлен на рисунке 2 [7, 8].

Рассмотренная концепция жизненного цикла системы дает общее представление о реализации системно-инженерного подхода к созданию высокотехнологичных образцов. Современный этап развития системной инженерии характеризуется развитием нормативной базы (в первую очередь ГОСТ), в которой дается полное описание процессов жизненного цикла, методов моделей и технологий для управления им на основе оценок эффективности, рисков, временных параметров, стоимости, а также уровня зрелости. На сегодняшний день разработаны не все методы и модели оценки [10], а соответственно продолжают работы в этом направлении.

Одним из перспективных направлений развития системной инженерии является модельно-ориентированная системная инженерия, смысл кото-

рой в замене документов (например, спецификации требований или технического задания) на соответствующие модели (модель требований), т. е. переход от документно-ориентированной инженерии к модельно-ориентированной.

Необходимо заметить, что все стандарты системной инженерии являются добровольными и приобретают статус обязательных только в случае если они являются частью контрактной документации на образец (контракт или спецификация требований (техническое задание)).

Таким образом, реализация методологии системной инженерии полностью меняет как отношение к создаваемому образцу, так и методы, модели, и технологии его создания и эксплуатации. Для реализации системно-инженерного подхода необходимо создание интегрированной информационной среды взаимодействия участников жизненного цикла системы с реализацией разграничения полномочий и защиты информации, а также цифровизация процессов всех участников жизненного цикла создаваемой системы.

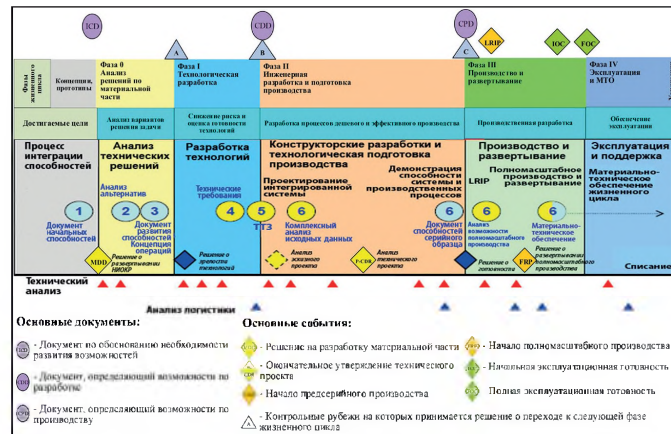


Рисунок 2 – Схема жизненного цикла образца ВВТ ВС США [7, 8]

ЛИТЕРАТУРА

1. Дышкантюк А.В., Павлов С.Д., Снегирев Е.А. Анализ опыта развития многофункциональной системы оружия Aegis в интересах создания перспективных боевых систем ВМФ. VI научно-практической конференции РАРАН «Система вооружения для решения задач борьбы на океанских и морских ТВД». НПК «Радиоэлектронное и ракетное вооружение ВМФ: взгляд в будущее». РАРАН, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, АО «Концерн «Гранит-Электрон». – 2021, 0,43 п/л. С. 80-84.
2. Дышкантюк А.В., Марченко Б.В., Павлов С.Д., Снегирев Е.А. Анализ состояния и перспектив развития системы боевого управления фрегата F124 «Sachsen» (Саксония) ВМС Германии. V научно-практической конференции РАРАН «Система вооружения для решения задач борьбы на океанских и морских ТВД». НПК «Радиоэлектронное и ракетное вооружение ВМФ: взгляд в будущее». РАРАН, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, АО «Концерн «Гранит-Электрон». выпуск № 38, инв.: ЛБ-21767 2022г., стр. 42-51.
3. Методические рекомендации по цифровой трансформации государственных корпораций и компаний с государственным участием, одобренные на заседании Президиума правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности 6 ноября 2020 г., Минцифры России.
4. ГОСТ Р 57193–2016 Системная и программная инженерия процессы жизненного цикла систем.
5. Дышкантюк А.В., Посадов И.А., Скобелев П.О., Тришанков В.В. Системно-инженерное мышление как методологический подход к институциональному построению бизнеса в формате контракта жизненного цикла высокотехнологичной продукции. М: МГТУ им. Н.Э. Баумана журнал «Вопросы инновационной экономики» т.12, - № 2, 2022г., стр.1261-1282.
6. ГОСТ Р 58048–2017 Трансфер технологий. Методические указания по оценке уровня зрелости технологий.
7. Дышкантюк А.В. Развитие методологии системного подхода в условиях управления жизненным циклом образца. СПб.: АО «Концерн «Гранит-Электрон». Научно-технический сборник «Корабельные и бортовые многоканальные информационно-управляющие системы», Вып.№ 34, 2020г. инв.№: ЛБ-21737.
8. Дышкантюк А.В. Задача обоснования облика системы управления жизненным циклом вооружения кораблей и пути ее решения. М: МГТУ им. Н.Э. Баумана Материалы V всероссийской научно-практической конференции «Системы управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в машиностроении: новые источники роста» 2022г., стр. 122-127.
9. Информационная модель реализации системы интегрированной логистической поддержки в процессе эксплуатации вооружения кораблей ВМФ. СПб: Государственный научный центр «Морское подводное оружие АО «Концерн морское подводное оружие - Гидроприбор». Научно-технический сборник «Морское подводное оружие» № 3 (63) 2022г.
10. ГОСТ Р ИСО/МЭК 33020 – 2017 Информационные технологии. Оценка процесса. Система измерения процесса для оценки возможностей процесса.

K. G. POGUDIN, Cand. Sc. (Technology)

к.т.н. К. Г. ПОГУДИН

ЮБИЛЕЙ УЧЁНОГО THE SCIENTIST JUBILEE



24 мая 2023 года исполняется 85 лет со дня рождения доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки РФ Сергея Ивановича Пугачёва.

Сергей Иванович начал свою профессиональную деятельность в 1962 году после окончания электрофизического факультета ЛЭТИ имени В. И. Ульянова (Ленина) по специальности «Электроакустика и ультразвуковая техника» в должности инженера ЦНИИТС.

В 1966 году защитил диссертацию по специальной теме на соискание учёной степени кандидата технических наук в ЛТИ им. Ленсовета. В 1966–1971 годах работал старшим научным сотрудником ГосНИИКС и доцентом ЛТИ им. Ленсовета.

С 1971 по 1996 годы С. И. Пугачёв работал старшим научным сотрудником, начальником сектора и начальником отдела в ЦНИИ «Гидроприбор», принимая непосредственное участие в разработке технологии производ-

ства пьезокерамических элементов и гидроакустических антенн. По результатам научных исследований, включающих разработку физических основ и технологии соединения разнородных материалов посредством ультразвуковой металлизации (УЗМ) по оригинальной схеме «тонкого слоя», в 1986 году в МИСиС (г. Москва) защитил диссертацию на соискание учёной степени доктора технических наук. В 1989 году решением ВАК СССР утверждён в учёном звании профессора.

С 1997 года Сергей Иванович посвятил себя научной и преподавательской деятельности на кафедре физики СПбГМТУ. Одновременно сотрудничал с «Гидроприбором» в выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

С 2015 года Сергей Иванович работает в должности главного научного сотрудника отдела радиоэлектронной аппаратуры АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор».

Основное направление научных исследований С. И. Пугачёва – разработка высоких технологий, основанных на воздействии на материалы и технологические процессы силовых электрофизических полей: ультразвуковое (УЗ) поле, высокочастотное (ВЧ) электрическое поле, сверхвысокочастотное (СВЧ) электромагнитное поле. Наряду с УЗМ по схеме «тонкого слоя» это технологии УЗ склеивания материалов, ВЧ и СВЧ металлизации керамики по оригинальной схеме «стартового диэлектрика», формообразования изделий из неметаллических порошков и уплотнения древесины совместным воздействием статического механического и УЗ поля.

С. И. Пугачёв является действительным членом Академии инженерных наук им. А. М. Прохорова и членом-корреспондентом Академии

технологических наук РФ.

Более 20 лет Сергей Иванович Пугачёв возглавлял диссертационный совет на базе АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор». Он также входит в состав диссертационного совета под руководством ректора СПбГМТУ и является председателем ГАК ФЭП СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Большое внимание Сергей Иванович уделяет воспитанию научных кадров высшей квалификации. В рамках созданной им научной школы он подготовил 13 кандидатов технических наук. С. И. Пугачёв – автор и соавтор более 300 опубликованных работ: монографий, учебных пособий, статей в отечественных и зарубежных журналах, в трудах российских и международных конференций, а также и патентов на изобретения и полезные модели.

Подобно ряду известных учёных-физиков, Сергей Иванович серьёзно относится к юмору. В союзных и российских периодических изданиях он опубликовал сотни афоризмов и коротких рассказов. Значительная часть из них представлена в двух книгах, вышедших в 2018 и 2019 годах. С. И. Пугачёв является членом Российского союза профессиональных литераторов и Московского клуба афористиков.

Более чем шестидесятилетняя трудовая деятельность Сергея Ивановича Пугачёва отмечена присвоением ему почетного звания «Заслуженный деятель науки РФ». Он награждён медалями «Ветеран труда», «300 лет Российскому флоту», «В память 300-летия Санкт-Петербурга», а также медалями имени академика Н. Н. Семёнова, академика А. М. Прохорова, А. С. Попова, медалью «За заслуги в деле изобретательства».

80 ЛЕТ ШАМИЛИЮ ГИМБАТОВИЧУ АЛИЕВУ
SHAMIL GIMBATOVICH ALIYEV. 80 YEARS



25 июня 2023 года исполняется 80 лет Шамилю Гимбатовичу Алиеву – представителю петербургской школы военного кораблестроения, доктору технических наук, профессору, выдающемуся специалисту в области военной техники и вооружения ВМФ, заслуженному деятелю науки Дагестанской АССР, почётному академику Российской академии космонавтики, лауреату премии комитета оборонных отраслей промышленности РФ, обладателю золотых медалей имени К. Э. Циолковского и имени В. П. Бармина. Ш. Г. Алиев является членом диссертационного совета Концерна, автором многих фундаментальных исследований, основоположником теории аналитического проектирования

подводного оружия, руководителем проекта и соавтором первой в мире энциклопедии по торпедному оружию.

Уважаемый Шамиль Гимбатович! В день Вашего рождения руководство и коллектив Государственного научного центра Российской Федерации АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор» желают Вам крепкого здоровья, больших творческих успехов в работе, личного счастья, семейного благополучия, долгих лет жизни и плодотворной деятельности по укреплению обороноспособности России.

Коллектив ГНЦ РФ АО «Концерн «МПО – Гидроприбор»

УДК 908

Т. Н. ТИТАРОВСКАЯ

Т. Н. ТИТАРОВСКАЯ

75 ЛЕТ СПЕЦИАЛЬНОМУ КОНСТРУКТОРСКОМУ БЮРО

75 YEARS OF THE SPECIAL DESIGN ENGINEERING BUREAU

В статье, посвящённой юбилею одного из старейших подразделений концерна – специального конструкторского бюро (СКБ), проведён обзор наиболее важных разработок СКБ, отмечены сотрудники, внёсшие значительный вклад в создание образцов МПО.

Ключевые слова: конструкторское бюро, разработки, достижения, юбилей.

The article is devoted to the 75th anniversary of an old department of the Concern, the Special Design Engineering Bureau (SDEB). Reviewed are the most important SDEB's developments together with the workers who contributed considerably into building of the underwater weapon prototypes.

Key words: the design engineering bureau, developments, achievements, anniversary.

В 2023 году специальное конструкторское бюро (СКБ) концерна отмечает 75-летний юбилей.

Предшественником СКБ можно считать конструкторское бюро по торпедостроению (КБ), созданное в июне 1930 года в связи с отделением завода «Двигатель» от Остехбюро. Задачами вновь созданного КБ было обслуживание текущих серийных заказов завода: изготовление детальных рабочих чертежей для производства, установление допусков там, где это не указано основным конструктивным чертежом, модернизация изделий. Параллельно с КБ завода в апреле 1931 года на заводе был создан опытно-исследовательский отдел, который в дальнейшем был объединён с КБ и вошёл в общий технический отдел завода.

СКБ на заводе № 181 («Двигатель») было создано приказом министра судостроительной промышленности № 00633 от 18.09.1948 в целях совершенствования процесса разработки и освоения в производстве торпедного оружия.

Сотрудники СКБ внесли значительный вклад в создание передовых образцов торпедного оружия и специ-

альной техники.

В послевоенные годы в СКБ была разработана торпеда ЭТ-46 с использованием технических решений наиболее передовой в то время в мире немецкой торпеды G7e. За внедрение торпед ЭТ-46 и ЭТ-80 в 1951 году специалистам СКБ Брохович Е. И., Петрову Д. А., Матвееву П. В., Славину М. К., а также главному инженеру завода Картажеву Г. Д. была присуждена Государственная (Сталинская) премия.

С этого времени СКБ стало специализироваться на разработке торпед с электрической энергоустановкой.

К 1950 году при участии специалистов НИИ-400 в СКБ закончилась



М. К. Славин



Д. А. Петров



П. В. Матвеев



Е. И. Брехович

разработка и началось серийное производство первой самонаводящейся электрической противолодочной торпеды с неконтактным взрывателем САЭТ-50, которая после модернизации в 1954 году имела скорость 29 узлов на дистанции 6000 м и обеспечивала высокую вероятность наведения на цель.

нов А. Ф., Дмитриев А. В., Сухоруков А. Г., Завьялов Р. В., Набок Н. С., Павлов И. С., Кисельгоф Б. Н., Смирнов П. А., Славин М. К., Иванов Л. В., Куприянов Г. М., Шумилин А. П.

В начале 60-х годов специалистами СКБ совместно с коллективами ряда гражданских и военных институтов



И. П. Яковлев



В. А. Косарев

Разрабатывали это изделие и внедрили его в производство конструкторы Шамарин Н. Н., Дмитриев А. В., Туманов А. Ф., Косарев В. А., Яковлев И. П., Картажев Г. Д., Брехович Е. И., Петров Д. А. и другие. В 1951 году за внедрение торпеды САЭТ-50 специалистам СКБ Косареву В. А. и Яковлеву И. П. присуждена Государственная (Сталинская) премия.

В конце 50-х годов была создана электрическая торпеда САЭТ-60. Разработчики: Матвеев П. В., Тума-

проведена модернизация первой отечественной противолодочной торпеды. В этой торпеде впервые были реализованы задачи двухплоскостного наведения и управляемости в большом диапазоне глубин, создан электромагнитный взрыватель кругового действия. После модернизации торпеда СЭТ-53М имела скорость 29 узлов, дальность хода 14000 м, усовершенствованную аппаратуру самонаведения, приборы управления и одноразовую аккумуляторную батарею, не



Г. А. Каплунов



С. П. Скворода

требующую обслуживания при хранении на носителе. Модернизацию проводили Сорока Г. М., Скворода С. П., Туманов А. Ф., Каплунов Г. Ю., Мареев В. И., Матросов Е. П., Кобозев О. М., Косарев В. А., Павлов И. П., Кисельгоф Б. Н., Леонтьев Е. В., Ламедман Я. Л., Рафальсон А. Г.

В 1964 году за создание и организацию производства торпеды СЭТ-53М специалисты СКБ Каплунов Г. А. и Скворода С. П. удостоены звания лауреата Ленинской премии.

В начале 60-х годов СКБ завода в соответствии с межведомственным решением было подключено к научно-исследовательской работе по определению возможности создания телеуправляемой по проводам торпеды с отработкой следующих задач:

- живучесть линии связи;
- взаимодействие электронной аппаратуры телеуправления (бортовой и корабельной) с серийными системами торпеды;
- оценка величины боковых отклонений с целью её учёта в расчётах траектории движения.

В течение 1961–1963 годов сотрудниками СКБ разработана расчётно-конструкторская документация (РКД), изготовлены экспериментальные образцы и проведены испытания на полигонах завода «Гидроприбор» (г. Феодосия) и Северного флота.

Успешные результаты НИР позволи-

ли открыть опытно-конструкторскую работу «Дельфин-1», которая была завершена постановкой на вооружение в 1968 году первой отечественной телеуправляемой самонаводящейся электрической торпеды ТЭСТ-68.

Работа по её созданию проводилась под руководством Балуева М. П. при активном участии многих разработчиков и испытателей: Жданова В. И., Мареева В. И., Кобозева О. М., Матросова Е. П., Осипова В. Е., Пеля В. Е., Сквороды С. П., Червинского Б. М., Немтинова И. А., Рафальсона А. Г., Горохова Б. С.

За создание и выпуск в производство первой телеуправляемой электрической самонаводящейся торпеды ТЭСТ-68 в 1968 году специалисту СКБ Балуеву М. П. присвоено звание лауреата Государственной премии.



М. П. Балуев

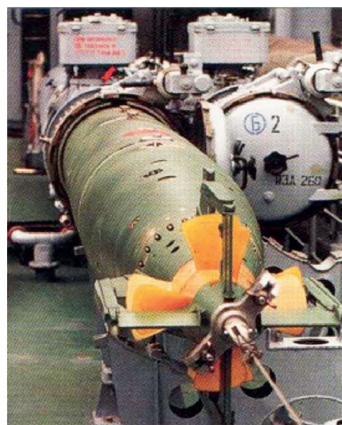
В 70-е годы завод «Двигатель» освоил в производстве телеуправляемую торпеду ТЭСТ-71 («Дельфин-2»), разработанную ЦНИИ «Гидроприбор», и практически сразу СКБ приступило к её модернизации с целью оснащения более совершенной аппаратурой самонаведения и улучшения транспортных характеристик (ТЭСТ-71М). В дальнейшем модернизация торпеды ТЭСТ-71М проводилась с целью обеспечения её использования с надводных кораблей (комплекс «Терек»), океанских подводных лодок (комплекс «Рубин»), а также оснащения следующим поколением аппаратуры самонаведения «Керамика» (ТЭСТ-71МК). Наиболее весомый вклад в эту работу внесли Балуев М. П., Балбуков Б. И., Рафальсон А. Г., Завьялов Р. В., Горохов Б. С., Бахарев Л. Ф., Котова В. В., Матросов Е. П., Пель В. Е., Басс Л. Б., Наместников Я. С., Абрамов Л. Д., Зурмали В. В. Разработано несколько модификаций этой торпеды.

В 1999 году СКБ приступило к разработке универсальной модификации ТЭСТ-71, превращая торпеду в универсальную по целям и носителям. К началу 2000 года разработка конструкторской документации была практически завершена, а к

концу 2001 года были изготовлены первые опытные образцы торпеды и проведены все необходимые испытания. Организатор и непосредственный исполнитель этой работы – Бахарев Л. Ф. Наиболее активное участие в работе принимали исполнители: Старшой Г. И., Харыкина Т. В., Смолин В. М., Ефимов В. Н., Капитонова Г. А., Ганина В. М., Кууз Г. Г., Грачёва И. Д., Иванова О. А., Смирнова Г. Г., Курносова И. А., Неверова А. Ю., Буйницкий И. К., Матвеев Н. Н., Козырев А. А.

В 2001 году первые серийные торпеды ТЭСТ-71МЭ-НК были поставлены в Алжир (АНДР) в составе отремонтированного фрегата проекта 1159ТМ, а в 2008–2010 годах такими торпедами были укомплектованы построенные для АНДР подводные лодки пр. 63Б.

В 2000–2001 годах на заводе с активным участием специалистов СКБ была проведена большая работа по определению возможности продления назначенных сроков службы для торпед СЭТ-65 и ТЭСТ-71М (ответственный исполнитель Осипов В. Е.). Успешное завершение этой работы позволило без обновления боезапаса обеспечить боеготовность кораблей ВМФ РФ по данным видам оружия до 2010 года.



Торпеды ТЭСТ-71МЭ-НК (слева) и СЭТ-65III (справа)



«Сирена-УМ»

Продолжением этой работы стала разработка в 2013–2015 годах документации на восстановление технической готовности с установлением новых назначенных сроков службы торпедам СЭТ-65III, выработавшим свой эксплуатационный ресурс. По вновь разработанной документации за последние семь лет с 2015 года возвращены флоту порядка 400 торпед СЭТ-65IIIВ с новыми сроками службы. Исполнители этой работы: Бахарев Л. Ф., Немтинов И. А., Перова Н. Ф., Котова В. В., Фёдорова Ю. А., Иванова О. А., Чистикова Н. П., Попова А. Н.

С созданием в 1954 году частей морского спецназа возникла необходимость в разработке подводных буксировщиков водолазов. Создание самоходных средств было поручено специалистам и ученым ЛКИ (ныне СПбГМТУ), которые в 1969 году разработали и передали в производство на завод «Двигатель» двухместный носитель водолазов торпедообразной формы «Сирена».

Впоследствии модернизацию носителя провели специалисты СКБ с участием ряда предприятий судостроительной, авиационной электротехнической промышленности. В результате этого появился высокоэффективный и надежный образец, получивший название «Сирена-УМ». В его создании активное участие принимали Немтинов И. А., Халипаев Г.-М.Х., Горохов Б. С., Кисельгоф Б. Н., Смирнов П. А., Пель В. Е., Зурмали В. В., Наместников Я. С., Яблоков А. В., а также рабочие лаборатории макетирования СКБ Гусев Н. Б., Шуркин В. С., Федько А. В.

и др. Учитывая опыт, полученный в результате разработки, изготовления, испытаний и внедрения в эксплуатацию ВМФ носителя «Сирена-УМ», приказом министра судостроительной промышленности № 0417 от 02.08.1980 СКБ завода «Двигатель» было назначено главным разработчиком носителей водолазов торпедообразной формы.

С 1970 по 2001 годы специалистами СКБ разработаны, испытаны и переданы на снабжение ВМФ носители водолазов «Сирена-К», «Сирена-М» и «Гроздь». На этом направлении плодотворно трудились: Королёв С. В., Немтинов И. А., Халипаев Г.-М.Х., Пяков Е. Н., Перова Н. Ф., Журавлёва Е. Н., Соколов С. В., Титаровский А. С., Кондратюк Ю. В., Яблоков А. В., Филатова Т. Г., Матвеев Н. Н., Сингинов А. А., Гусев Н. Б., Егорова И. К.

В 1999 году специалисты СКБ Матросов Е. П., Королёв С. В., Немтинов И. А. за разработку и освоение средств для передвижения легководолазов были удостоены Государственной премии РФ.



Е. П. Матросов



С. В. Королёв



И. А. Немтинов

В те же годы на заводе с участием специалистов СКБ были поставлены на производство индивидуальные буксировщики водолазов «Нептун», «Протон-У», «СОМ-1», пожарный фонарь для кораблей ВМФ. В 1975 году СКБ разработана РКД на постановщик буев (тема «Анемона»). Опытные образцы были изготовлены на заводе и затем успешно прошли государственные испытания.

Кроме продукции основного профиля, завод по заданию министерства привлекался к изготовлению систем автоматического управления и регулирования атомных энергоустановок (АЭУ) атомных подводных лодок и атомных ледоколов.

Так, в 1963–1969 годах были изготовлены и поставлены заказчику системы РУЗ-670, РУЗ-671, РУЗ-661У, в 1966–1974 годах – «Вьюга-А», «Бриз», «Бриз-Р» для ледоколов «Ленин», «Арктика», «Сибирь», «Россия». При этом специалисты СКБ принимали участие не только в изготовлении и сдаче изделий на заводе, но и в процессе проведения монтажных работ и ходовых испытаний на кораблях.

Кроме того, на заводе был организован выпуск датчиков давления пара «РДП-8» для парогенераторов АЭУ. Большую работу провели на этом направлении Большаков В. П. и Сидорин В. А.

В 2002–2003 годах сотрудниками

СКБ под руководством главного конструктора Немтинова И. А. проводилась работа по теме «Тритон» (система навигации, управления и подводного хода для надводно-подводного катера) с изготовлением опытного образца, проведением стендовых и ходовых испытаний. В 2008 году в составе головного образца – надводно-подводного катера «Тритон-НН» система успешно прошла госиспытания.

В этой работе принимали участие Паяков Е. Н., Фомин Е. П., Дубов А. Р., Телеченкова В. Н., Филатова Т. Г., Иванова О. А., Ганина В. М., Смирнова Г. Г., Кууз Г. Г.

В начале 2000-х годов под руководством начальника бюро СКБ Паякова Е. Н. с участием непосредственных исполнителей Дубова А. Р. и Яблокова А. В. велись работы по созданию гидроакустического бую ГБ-58. Работы



Надводно-подводный катер «Тритон-НН»

проводились совместно с НИИ «Системотехника».

В рамках импортозамещения после прекращения поставок рулевых машинок для систем управления торпедами УСЭТ-80, ТЭЭ-01, «Физик» специалисты СКБ разработали документацию и провели испытания рулевой машинки РМ-ДВ. В 2017 году все испытания рулевой машинки были закончены и РМ-ДВ была рекомендована для поставки в составе серийно выпускаемых торпед. Наибольший

технической помощи инозаказчикам в освоении поставленной техники в Индию, Египет, Сирию, Ливию, Алжир, Иран, Кубу, Вьетнам, Китай, где наша продукция получила высокую оценку со стороны иностранных специалистов и представителей наших внешнеторговых организаций.

Помимо выпуска основной продукции, завод уделял определённое внимание выпуску товаров народного потребления. Так, серийно выпускались разработанные СКБ электромиости-



Индия. 1969 год



Индонезия. 1995 год



Алжир. 2010-2011 годы

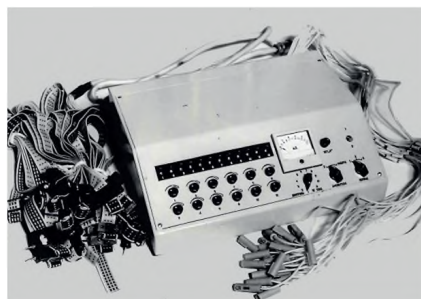


Китай. 1999 год

вклад в эту работу внесли Ефимов В. Н., Харыкина Т. В., Туомас А. В., Чистикова Н. П., Иванова О. А.

Начиная с 1967 года завод поставляет на экспорт торпеды СЭТ-53Э, СЭТ-53МЭ, ТЭСТ-71МЭ, СЭТ-65Э, ТЭСТ-71МКЭ, СЭТ-65КЭ, ТЭСТ-71МЭ-НК. Подготовкой и отправкой экспортной документации инозаказчикам занимались Мельников А. М. и Бахвалова Т. Ю. Специалисты СКБ в составе заводских групп выезжали для оказания

муляторы ЭМС-3, бытовой электромиксер МВР-201, помочи, зажимы для волос, нарукавные зажимы, ряд сувениров («Домик Петра I», «Питерский рабочий», «Аврора», «Медный всадник»), масштабные модели автомобилей (ГАЗ-АА, ГАЗ-ААА, ГАЗ-60, РАФ-ДМ), газовая горелка, брелок выжигания, газовая лампа, носилки-волокуши «АКЪЯ», электрогирлянды «Льдинка» и сувенир «Новогодний».



Электромиостимулятор ЭМС-3



Носилки-волокуши «АКЪЯ»



Модель микроавтобуса



Тестораскаточная машина МРСТ-150

Документация на эти изделия разработана Голубевой С. Б. и Беляевой Н. П. под руководством Червинского Б. М. и Большакова В. П. В 2001 году Большакова Т. М. была награждена медалью Всероссийского выставочного центра за разработку и освоение производства транспортировочно-спасательной системы «АКЪЯ».

Под техническим руководством сотрудников СКБ заводом было освоено изготовление микроГЭС и сейсмоприёмных устройств. По техническому заданию Минторга в 1990 году в СКБ разработана тестораскаточная машина МРСТ-150. Машина прошла межведомственные испытания с положительным заключением, а опытные образцы МРСТ-150 переданы предприятиям общественного питания для эксплуатации. РКД на МРСТ-150 разработана Пелем В. Е., Лобановым В. А., Морозовым В. П.

В течение всего времени деятельности СКБ инженерно-технический состав обеспечивал и обеспечивает

постановку на производство изделий разработки АО «Концерн «МПО – Гидроприбор», АО «ГНПП «Регион», АО «НИИ мортеплотехники», ФГУП «РФЯЦ – ВНИИЭФ» других проектных организаций (торпеды ТЭ-2, «Физик», «Пакет», «Ответ», мины и минные комплексы З062, З063, АЗОН 1000, МРПК-1, МТПК-1, МТПК-2, средства ГПД МГ-54, МГ-104, МГ-74МЭ, Модуль-Д и др.).

При этом разрабатываются стеновое оборудование, пультаы контроля и т. п. Исполнители: Туомас А. В., Пронин А. Г., Ганина В. М., Харыкина Т. В., Ходунов Н. А.

Активное участие в решении технических вопросов при изготовлении, испытаниях и эксплуатации поставленных заказчику изделий принимают подразделения СКБ, возглавляемые Синаковым Д. В. и Ефимовым В. Н. Исполнители: Перова Н. Ф., Алексеева Т. И., Пронин А. Г., Ганина В. М., Мосейко Д. В., Ермоленко Р. В., Мошкина А. А., Телеченкова В. Н., Туомас А. В., Алекперов М. С., Ивано-



Коллектив СКБ в 2023 году

ва О. А., Чистикова Н. П., Дунаев О. А., Нефёдова Е. В., Бахарев Л. Ф., Ходунов Н. А., Харыкина Т. В., Журавлёва Е. Н.

Ведение базы данных по серийным и опытным изделиям, электронного архива конструкторской документации, снабжение подразделений копиями документации обеспечивает бюро под руководством Бахваловой Т. Ю. Исполнители: Коновалова М. М., Титова К. В., Галунова Е. В., Анфимова М. Н., Глинская И. А., Бурасовская Ю. В., Байкова Л. Н.

Делопроизводство и табельный учёт ведёт Титаровская Т. Н.

В настоящее время СКБ продолжает работы по инициативной ОКР (буксировщик водолазов «Протон-СМ») под руководством Немтинова И. А. Активное участие в этой работе принимают Дунаев О. А., Телеченкова В. Н., Ходунов Н. А.

Отмечая 75-летний юбилей, коллектив СКБ нацелен на дальнейшую работу по укреплению обороноспособности нашей страны.

УДК 908: 658.5

А. Е. SHAPOVALOVA, Cand.Sc. (Philology)

к.ф.н. А. Е. ШАПОВАЛОВА

**К 80-ЛЕТИЮ «ГИДРОПРИБОРА».
ИСТОРИЯ КОРПУСОВ НА НАБЕРЕЖНОЙ
ОТ ПОСТРОЙКИ ЗАВОДА № 231 ДО СОЗДАНИЯ НИИ-400**

**TO THE 80TH ANNIVERSARY OF GIDROPRIBOR.
HISTORY OF BUILDINGS ON THE EMBANKMENT: FROM THE BUILDING OF
PLANT NO.231 TO THE CONSTRUCTION OF NIИ-400 RESEARCH INSTITUTE**

Статья посвящена истории корпусов концерна «Гидроприбор», которые были построены в начале 1930-х годов для опытного завода имени Ворошилова (№ 231), эвакуированного во время войны, и переданных в 1944 году вновь создаваемому НИИ-400. Сегодня в этих корпусах (131–133) располагаются подразделения концерна.

Ключевые слова: история производственных зданий, организация производства, эвакуация завода, создание предприятия.

The article is devoted to the history of the Concern Hidropribor's buildings constructed in early 1930th for the experimental Voroshilov's plant (no.231) evacuated in wartime, and then transferred to the new-built NIИ-400 research institute in 1944. At present, these buildings (nos.131-133) accommodate the Concern's departments.

Key words: history of production buildings, industrial engineering, plant evacuation, establishing of an enterprise.

Предшественник «Гидроприбора» – Научно-исследовательский минноторпедно-тральный институт (НИИ-400) был создан приказом Народного комиссариата судостроительной промышленности (НКСП) СССР от 11.02.1944 № 054 на площадях бывшего опытного завода № 231 НКСП и базы катеров ЦКБ-36 НКСП (рисунок 1).

ЦКБ-36 по минотралостроению, ранее НИИ-36, было образовано после реорганизации Остехбюро в сентябре 1937 года. Новому ЦКБ была передана вся флотилия Остехбюро. В марте 1941 года ЦКБ-36 вошло вместе с ЦКБ-39 в состав ОКБ завода № 231, в июле 1942 года вновь преобразовано в самостоятельное ЦКБ, а в 1944 году полностью включено в состав созданного НИИ-400.

Начальником ЦКБ-36 в 1937–1941, 1942–1944 годах был А. М. Борушко, главным инженером в 1937–1938 годах был А. А. Пятницкий, в 1942–1944 годах – А. Б. Гейро (рисунок 2) [1]. ЦКБ-

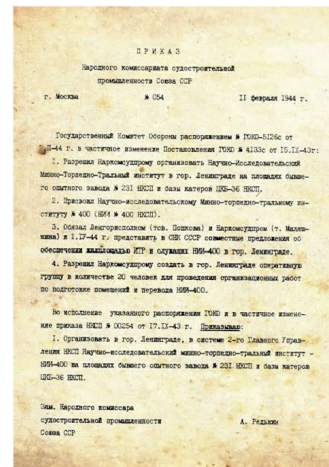


Рисунок 1 – Приказ НКСП СССР от 11.02.1944 № 054

36 располагалось на Госпитальной улице, база катеров – на Малой Неве с причалом на Уральской улице, 19, что напротив Серного острова, и была ликвидирована в связи со строитель-



Рисунок 2 – А. М. Борушко, А. Б. Гейро, А. А. Пятницкий (*allmines.ru*)

ством моста Бетанкура и набережной Макарова, а суда были переведены на Ладогу.

Опытный завод по разработке морского оружия (впоследствии завод № 231) в составе Остехбюро был введён в строй в 1931 году, в дни празднования Октябрьской революции, в 1932 году стал самостоятельным предприятием, однако продолжал работать в системе Остехбюро. Заводу было присвоено имя Ворошилова с согласия самого Климента Ефремовича, а во дворе завода, напротив проходной (сейчас на этом месте наружный лифт корпуса 133), ему был поставлен памятник во весь рост.

Для завода были выстроены новые корпуса на территории бывшего сахарного завода вдоль набережной Большой Невки, причём большая часть этих корпусов используется до сих пор (рисунок 3). К концу 1931 года были построены следующие корпуса:

производственный, на четырёх этажах которого разместились цеха, а на пятом, мансардном, службы завода (ныне это корпус 132), трёхэтажный корпус на углу Сахарного переулка для заводоуправления и общественных организаций, впоследствии надстроенный четвёртым этажом (ныне корпус 133), а также двухэтажное здание для мастерских в глубине территории (сносено под строительство новых корпусов в 2018 году). Во второй половине 1930-х годов к производственным цехам было пристроено конструкторско-лабораторное здание (сейчас корпус 131), в эти же годы (1937–1939) производственное здание было соединено со зданием заводоуправления переходом на уровне второго, третьего и четвёртого этажей (на первом этаже находилась проходная).

В здании заводоуправления был расположен склад готовой продук-



Рисунок 3 – Корпуса 131–132, справа видна часть корпуса 133 (*citywalls.ru*)

ции, модельная мастерская, цех главного механика, отдел кадров, отдел снабжения, охрана и бюро пропусков, медпункт, бухгалтерия, первый отдел, общественные организации, столовая и кухня. В двухэтажном здании в глубине территории располагался материальный склад, заготовительная мастерская, гараж для автомашин с мастерской, котельная, термическая, сварочная, медницкая, никелировочная, кузнечная и литейная мастерские, кабинет начальника цеха, гардероб и душевые комнаты.



Рисунок 4 – Александр Михайлович Зайцев

Устройство и работа завода имени Ворошилова (января 1938 года – завода № 231) подробно описаны в воспоминаниях А. М. Зайцева [2] (рисунок 4), ветерана Великой Отечественной войны, работавшего на заводе имени Ворошилова с момента его основания до начала войны в должностях плановика, технолога, начальника цеха, начальника планово-производственного отдела (ППО), а с января 1946 года – сотрудника НИИ-400, затем ЦНИИ «Гидроприбор» (начальник ОТК, заместитель директора по общим вопросам и материально-финансовой части).

РУКОВОДСТВО ЗАВОДА

Директора:

1931–1934 – Муравкин Иван Андреевич;

1934–1937 – Германович Иосиф Каликстович (переведён на завод № 181);

1937–1939 – Сумин Филипп Иванович (переведён в МСП);

1939–1941 – Балаболов Пётр Парфентьевич (переведён в МСП);

1941 – авг. 1941 – Трошин Пётр Матвеевич. В начале войны был направлен на торфоразработки, руководство заводом и эвакуацией было возложено на Богданова Фёдора Андреевича.

Главные инженеры:

1931–1937 – Нищий Семён Яковлевич;

1937–1940 – Сочагин Георгий Иванович (переведён в ВМФ, в дальнейшем долгое время работал в ЦНИИ «Гидроприбор»);

1940–1941 – Наумов Фёдор Иванович (переведён на завод 103).

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Завод имени Ворошилова представлял собой производственную базу Остехбюро – комплекс технологического опытно-экспериментального производства. Цеха 1–4 располагались в производственном здании поэтажно.

1-й цех – слесарно-сборочный (торпедный). Начальник цеха – Ф. И. Горбатов – человек с большим производственным опытом, практически помогал в отработке опытных изделий конструкторам Остехбюро Бехтереву, Коссаковскому, Судакову и др. Был переведён на завод № 181 в качестве технического директора, а начальником цеха стал его заместитель А. М. Татуйко, впоследствии заместитель главного инженера ЦНИИ «Гидроприбор». Цех был оборудован:

- рабочими местами слесарей-сбор-

щиков (верстаками);

- стеллажами для сборки и монтажа торпед;

- разметочной плитой для центровки торпед;

- водяным баком для определения плавучести и проверки на герметичность;

- системой воздухопроводов высокого и низкого давления;

- тормозным отделением для отработки на стенде главной машины.

Здесь создавались и обрабатывались изделия: Т 53-39 (конструктор В. С. Иванов), ЭТ-80 и ЭТ-100 (конструктор Н. Н. Шамарин), образец авиационной торпеды (конструктор А. И. Шевелло), опытный бескрейсерный двигатель (главный конструктор Л. Н. Озеров).

2-й цех – слесарно-сборочный (минный). Начальниками цеха были Хомулин, Муха, Масленников. Оснащение цеха: верстаки – рабочие места слесарей, небольшой участок механического оборудования (токарные станки, фрезерный и строгальный станки). Для испытания мин при цехе имелся бассейн размерами 6,5×4 метра и глубиной 6 метров и металлический бак диаметром 3 метра и глубиной 20 метров (первый на высоте второго этажа здания, а второй на высоте пятого этажа).

Изготавливались опытные образцы авиационных, управляемых на расстоянии, плавающих, заградительных и других мин. Кроме того, цех изготавливал для сбрасывания с самолёта парашютные коробки, бугеля, парашюты, приспособления для подвешивания под самолётом, гребные винты различной конфигурации, а также уменьшенные модели морского оружия. Во время японских событий (бои на Халхин-Голе в 1939) году в цехе была изготовлена танкетка-малютка высотой 1 м на резиновом гусеничном ходу бесшумного движения и подводная лодка-малютка, управля-

мая одним бойцом (при испытании на базе катеров была забракована). Во время финских событий (1939-1940 годы) цехом были изготовлены аэросаны, которые были успешно испытаны на Севере.

3-й цех – токарно-механический. Изготавливал детали для сборочных цехов 1, 2, 4. Начальниками цеха были Ф. Ф. Волюнин и после него Б. К. Когин. Цех был оснащён новым импортным оборудованием (токарные, расточные, фрезерные вертикально и горизонтально строгальные, долбежные и другие станки).

4-й цех – механосборочный (приборный). Начальниками цеха были Озолин и Н. П. Никитин. Цех был оснащён импортным мелким механическим оборудованием и индивидуальными рабочими местами для механиков.

Цех изготавливал опытные образцы ПУАЗО (прибор управления артиллерийским зенитным орудием), «Бемии» (Бекаури – Миткевич; прибор управления взрывом по радио на расстоянии нескольких сотен км), рулевые машинки, приборы Обри (гироскопы).

Кроме того, были цеха № 5, изготавливавший модели для литейного производства (начальник Климашевский) и № 7, состоявший из модельной, литейной, кузнечной, медницкой, сварочной, термической и никелировочных мастерских (начальники С. Р. Муха и А. М. Зайцев).

Производственная работа обеспечивалась службой главного механика (Н. М. Иванов), куда входил энергоцех, ремонтный и строительный цеха.

В состав вспомогательного производства входили следующие подразделения, находившиеся в двухэтажном здании:

- образцово организованные материальные и инструментальные склады – материал хранился по маркам, сортам и размерам, на каждый материал имелся паспорт (в подчинении начальника отдела снабжения

И. М. Шунаева);

- заготовительная мастерская при материальном складе (в подчинении начальника ППО А. М. Зайцева). В производственные цеха материал поступал в виде заготовок на изготавливаемую деталь, которые проверялись ОТК и снабжались паспортами из сопроводительной картотеки;

- автотранспорт, для которого имелся хорошо оборудованный гараж и ремонтная мастерская.

Техническая документация (чертежи) на изготовление опытных образцов поступали в планово-производственный отдел завода из конструкторских отделов Остехбюро с сопроводительным нарядом и указанием срока изготовления. В ППО разрабатывалась укрупнённая технологическая маршрутная карта с указанием технологического цикла, трудоёмкости на каждую операцию, деталь и в целом на сборку и регулировку изделия. В маршрутной карте указывалось, в каком цехе должна производиться обработка и сборка данного изделия. Маршрутная технологическая карта являлась основным документом учёта загрузки оборудования, рабочих мест по каждому цеху в отдельности и была исходным документом планирования производства. Начальники отдела: А. Р. Лаперье, Ф. Ф. Вальнин, Петушков, А. М. Зайцев.

При ППО находилась диспетчерская служба. Её организация была возложена на молодого инженера Л. В. Радомышельского, впоследствии начальника ППО ЦНИИ «Гидроприбор».

В 1937 году из состава ППО была выделена группа технологов и создан отдел главного технолога. Главным технологом стал Ф. А. Богданов.

РЕОРГАНИЗАЦИЯ ЗАВОДА

После расформирования в сентябре 1937 года Остехбюро [3] сотрудники,

техника, предприятия и мастерские были переданы различным научно-исследовательским организациям. Так появились ЦКБ-36 по минотралостроению, ЦКБ-39 (опытно-конструкторский отдел завода № 181), НИИ-49 (позже ЦНИИ «Гранит») и другие. Многие работники были переведены на завод «Двигатель» и завод имени Ворошилова, который был передан в 1937 году ЦКБ-39 в качестве опытно-экспериментальной базы [4]. В 1938 году завод стал номерным – № 231.

Вся тематика завода была пересмотрена, целый ряд работ был закрыт и законсервирован. Завод получил новое задание: нарядом с развитием опытного производства освоить и наладить серийное изготовление приборов. В связи с этим были переоборудованы цеха 2 и 4, а для опытного производства произошло объединение цехов 1 и 3.

2-й цех, оснащённый новым оборудованием в соответствии с серийной технологией, освоил выпуск инерционных ударников. 4-й цех был перестроен в соответствии с серийной технологией изготовления приборов Обри. Механическое оборудование было установлено в порядке поточного технологического цикла производства. Качество вновь освоенных приборов при приёмке было признано высоким.

Опытное производство было сосредоточено в 1-м (торпедосборочном) и 3-м (механическом) цехах, а также во всех вспомогательных цехах. Во 2-м цехе была выделена лаборатория (бассейны) для испытаний минного оружия.

Таким образом, на заводе № 231 была заложена научно-исследовательская база для создания новейших образцов морского оружия.

ГОДЫ ВОЙНЫ

В начале Великой Отечественной



Рисунок 5 – Мемориал сотрудникам заводов № 181 и № 231, ЦКБ-36 и ЦКБ-39, погибшим в годы Великой Отечественной войны

войны многие рабочие и инженерно-технические работники завода ушли добровольцами на фронт. Память о них увековечена в Мемориале на территории концерна (рисунок 5).

Множество предприятий западной части СССР эвакуировались вглубь страны. По приказу № 267сс от 08.08.1941 завод № 231 был эвакуирован в город Уральск Казахской ССР. Эшелон завода имени Ворошилова – 35 вагонов с людьми и 194 единицами оборудования (было вывезено практически всё оборудование завода) – прибыл в Уральск 10 сентября 1941 года, а уже 8 октября на фронт была отправлена первая партия оружия. Вскоре в Уральск прибыли рабочие и

специалисты завода № 181 («Двигатель»), в конце 1941 года – рабочие ленинградского завода «Компрессор», а также заводов Феодосии, Каспийска и Большого Токмака. Вместе с людьми прибывало оборудование, на новом месте возводились производственные и жилые корпуса. В тяжелейших условиях люди создавали оружие для фронта. Помимо мин и торпед, во время войны завод № 231 выпускал продукцию 16 наименований. За вклад в Победу уральский завод, единственный среди предприятий Казахстана, был награждён орденом Отечественной войны I степени [5]. Сейчас он называется АО «Уральский завод «Зенит» (рисунок 6).



Рисунок 6 – Уральский завод «Зенит» (zenit.kz)

Разработкой нового морского подводного оружия в эвакуации занимались ЦКБ-36 и ЦКБ-39, вошедшие в состав завода № 231 на правах специальных конструкторских бюро. За время войны конструкторы разработали ряд изделий, которые были поставлены на флот: электрические бесследные торпеды ЭТ-80 (Н. Н. Шамарин, В. Л. Горбунов, Г. И. Жигарь), торпеды 53-39, 53-38У, 45-36Н, 45-36НУ, авиационные торпеды 45-36АН, 45-36АВ-А; магнитные донные мины АМД-1 и АМД-1-1000 (Л. П. Матвеев), плавающие мины ПЛТ-2 (Ф. М. Миляков), корабельные якорные мины ЯМ и антенные мины АГСБ; петлевые электромагнитные тралы типа ПЭМТ (В. И. Егоров), катерные электромагнитные тралы КЭТМ, буксируемые акустические тралы БАТ-2 [6].

Здания 231 завода в Ленинграде во время войны занимал судостроительный завод имени Жданова (№ 190) – бывшая Путиловская верфь. В связи с обстрелами машиностроительная часть завода (механические цеха) по решению Военного совета фронта от 17.09.1941 была перебазирована из

Кировского района на Выборгскую сторону, на освободившиеся площади 231 завода. В 1942 году были перебазированы корпусной цех с котельным участком, монтажный, трубномедный, деревообделочный и такелажно-парусный цеха. [1] Здесь же была организована временная верфь, на которой ремонтировали корабли Балтийского флота [7] (рисунок 7). Помимо зданий, завод № 190 занимал под свои нужды сад завода № 181, находящийся на той же территории, что и завод № 231, куда свозил отходы производства [8].

Завод имени Жданова вернулся на свою территорию в 1944 году, после снятия блокады, оставив площади занимаемого в течение трёх лет 231 завода в аварийном состоянии, что засвидетельствовано не только в воспоминаниях современников тех событий [2, 9], но и в архивных документах.

СОЗДАНИЕ НИИ-400

Состояние зданий и сооружений бывшего завода № 231, переданных в марте 1944 года вновь созданному



Рисунок 7 – Корабли на Неве в блокадном Ленинграде. Кадр из документального фильма «Ленинград в борьбе». 1942 год (waralbum.ru)

НИИ-400, было зафиксировано в приёмо-сдаточной ведомости [10]. Приведём оттуда сведения, касающиеся корпусов 131–133.

В левом крыле главного корпуса (сейчас корпус 132) на 5 этаже часть паркетного пола была снята и переборки разрушены, крыша и фонари нуждались в восстановительном ремонте; двери на 4 и 5 этаже были частично сняты, поставлены на 1, 2 этаж или поломаны; около 20% оконных рам на 5 этаже поломаны. Помещения 1–3 и частично 4 этажей эксплуатировались заводом № 190 в качестве общежития для команд вновь строящихся и ремонтируемых кораблей, ФЗУ, склада, а также заводской лаборатории. В правом крыле главного корпуса (ныне корпус 131) требовались капитальные работы по восстановлению разрушенного артобстрелом 5 этажа. Двери сохранились только на 1–3 этажах, на 4–5 отсутствовали. Около 60% помещений 1 и 2 этажей использовались заводами 190 и 181 под склад. Оборудование санузлов в обеих частях главного корпуса отсутствовало либо было разбито. Состояние водопровода, канализации, отопления и электропроводки не проверялось.

В модельном и административном корпусе (ныне № 133), занятом заводом № 190 под общежитие команды МПВО, материальный склад и пульт управления МПВО, не сохранились переборки, окна и двери в помещениях столовой и ремонтного цеха. В корпусе было освещение, а отопление, водопровод и канализация не действовали.

Остальные корпуса, предназначенные для мастерских, складов, гаража, подстанции, использовались преимущественно по прямому назначению и остались в удовлетворительном состоянии.

Вывод, сделанный приёмо-сдаточной комиссией («большинство разрушений в зданиях и сооружениях

произошло в результате артобстрела и бомбёжек»), противоречит воспоминаниям А. М. Зайцева, утверждавшего, что здания завода не пострадали от обстрелов. Возможно, воспоминания неточны, но может быть и так, что комиссия решила списать состояние передаваемых корпусов на войну. По всей видимости, обстрелы стали причиной только части разрушений. Выломанные оконные рамы, двери, снятый паркет, скорее всего, использовались в качестве горючего материала для отопления. Недействующие водопровод, канализация и отопление характерны для многих зданий блокадного города. Разбитое же оборудование санузлов остаётся на совести временных «арендаторов».

Как бы то ни было, восстанавливать полуразрушенные корпуса пришлось первым сотрудникам НИИ-400.

Из доклада в честь 30-летия института [11], сделанного в 1974 году заместителем директора НПО «Уран» по науке В. И. Егоровым (рисунок 8), который работал в НИИ-400 с его основания, можно узнать некоторые подробности становления НИИ-400 в первые годы.



Рисунок 8 – Валентин Иванович Егоров, д.т.н., профессор

Весной 1944 года из г. Петропавловска Казахской ССР в Ленинград была направлена оперативная группа специалистов ЦКБ-36 с целью подготовки рабочих мест, обустройства общежития для сотрудников института, заготовки топлива и т. д. В июле 1944 года в Ленинград прибыл первый эшелон – один пассажирский и два товарных вагона: 15 человек и некоторое количество оборудования. В течение 1944 года из ЦКБ-36 прибыло ещё несколько эшелонов. Кроме того, в Ленинград начали возвращаться специалисты с заводов имени Ворошилова в Уральске и имени Кирова в Алма-Ате.

Вернувшиеся работники с семьями размещались в общежитии, созданном на четвёртом этаже производственно-лабораторного корпуса (на первом, втором и частично третьем этажах было организовано опытное производство). Большие комнаты перегородивались ящиками, фанерой, различными подручными материалами. Почти из каждого окна общежития торчала дымовая труба. Люди обогревались с помощью самодельных печурок, на них же готовили пищу. Посуды не хватало, и в буфете тарелки выдавали под залог пропуска [12].

Немногочисленному в то время коллективу института предстояло наряду с организацией производственной работы выполнить большой объём ремонтно-восстановительных работ, что им пришлось делать буквально своими руками почти при полном отсутствии механизации и современных транспортных средств. Единственная тогда институтская автомашинка подорвалась на немецкойmine, и долгое время все перевозки осуществлялись на телеге лошадей, привезённой из Петропавловска.

При лошади был извозчик Ахмет, которому, по воспоминаниям сотрудника 75 отдела Ф. Н. Соловьёва, нравилось привязывать лошадь за руку

памятника Ворошилову, стоявшему во дворе напротив проходной. Замечания о недопустимости такого обращения с памятником на Ахмета не действовали, поэтому в конце концов было решено лошадь продать, Ахмета уволить, а памятник подарить Уральскому заводу имени Ворошилова.

Особые трудности вызывала заготовка дров, которая производилась сотрудниками института вручную на реке Свирь: вытаскивали вмёрзшие в лёд брёвна, доставляли их к железной дороге, грузили на платформы и отправляли в Ленинград. Изыскивали и другие способы заготовки топлива, например ломали полузатонувшие на Неве баржи.

В таких тяжёлых условиях люди жили и работали до 1947 года, когда был сдан в эксплуатацию жилой дом № 7 на Заневском проспекте площадью 7000 м². Этот дом принадлежал 231 заводу и не был достроен, когда началась война. Министерство судостроительной промышленности (МСП) решило передать НИИ-400 только 30% жилплощади, а остальные 70% распределить между другими предприятиями отрасли.

Однако бывший в 1946–1951 годах



Рисунок 9 – Константин Владимирович Грудницкий

директором института К. В. Грудницкий (рисунок 9) вопреки решению министерства переселил всех проживавших в служебных помещениях института в жилой дом на Заневском проспекте, полностью заняв его.

Таким образом директор смог освободить производственные площади и широко развернуть работы по восстановлению института.

За невыполнение решения МСП К. В. Грудницкий получил выговор, но все сотрудники остались жить в новом доме. [2]

В 1945–1947 годах в институт начало поступать станочное оборудование и аппаратура по репарациям из Германии. Всего было перевезено более ста вагонов с оборудованием и станками. [7] Восстановительные работы в основном были закончены в 1947 году, и все силы работников института были направлены на развитие его производственной деятельности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Построенные для завода имени Ворошилова производственный, лабораторный и административный корпуса после эвакуации завода 231 и выезда занимавшего эти здания во время войны завода 190 были переданы вновь созданному НИИ-400. Помещения частично были перепрофилированы, частично сохранили своё предназначение (так, например, до сих пор используется бассейн на втором этаже для гидроакустических испытаний). В начале 1970-х годов была произведена замена фасадов, в результате чего корпуса приобрели привычный вид (рисунок 10).

Сегодня в корпусах 131–133 располагаются различные подразделения концерна, а сами здания вот уже более 90 лет формируют облик промышленной части набережной Большой Невки – знаменитой Выборгской стороны.



Рисунок 10 – Замена облицовки фасадов 131 и 132 корпусов. 1971–1972 годы (pastvu.com)

ЛИТЕРАТУРА

1. Тихонов, С. Г. Оборонные предприятия СССР и России. Том 1 / С. Г. Тихонов. – М.: Изд-во «ТОМ», 2010. – 608 с. – С. 295, 576.
2. Воспоминания А. М. Зайцева. Архив ГНЦ РФ «Гидроприбор». Дело 289/м.
3. Шошков, Е. Н. Репрессированное Остехбюро / Е. Н. Шошков. – СПб: Научно-инфор-

мационный центр «Мемориал», 1995. – 206 с. – С. 53.

4. Тихонов, С. Г. Оборонные предприятия СССР и России. Том 2 / С. Г. Тихонов. – М.: Изд-во «ТОМ», 2010. – 608 с. – С. 53.

5. Гох, И. Х. Завод «Зенит» вчера и сегодня / И. Х. Гох. – Уральск, 1991. – 32 с. – С. 3–9.

6. Книга памяти и славы. Бессмертный батальон. – СПб.: Издательство «Премиум Пресс», 2020. – 336 с. – С. 9–11.

7. Пимченков, С. Я. История завода «Старый Леснер» – «Двигатель» / С. Я. Пимченков. – М., СПб.: ДЕАН+АДИА, 1996. – 118 с. – С. 76–77, 92.

8. Шаповалова, А. Е. Минный сахар: от сахарного завода к производству морского подводного оружия / А. Е. Шаповалова. – СПб., 2022. – 230 с. – С. 180.

9. Жизмор, Р. С., Коник, Г. Б. А. М. Борушко – первый директор института / Р. С. Жизмор, Г. Б. Коник // ЦНИИ «Гидроприбор» и его люди за 60 лет. – СПб.: ИЦ «Гуманитарная академия», 2003. – С. 20.

10. ЦГАНТД. Ф. Р-30. Оп. 13. Д. 1. Л. 2–7.

11. Доклад Валентина Ивановича Егорова к 30-летию института // Подводное морское оружие. – 2022. – № 7(67). – С. 73–74.

12. Шестопалов, И. Т. Начало НИИ-400 / И. Т. Шестопалов // ЦНИИ «Гидроприбор» и его люди за 60 лет. Том II – СПб.: СПбНИИ РАН «Нестор-История», 2005. – С. 367.

УДК 929: 623.8/9

V. M. RYCHKOV, Cand.Sc. (Military)

A. V. SOLODKO, Cand.Sc. (Military)

T. A. SOLODKO

канд. воен. наук В. М. РЫЧКОВ,

канд. воен. наук А. В. СОЛОДКО,

Т. А. СОЛОДКО

ПАТРИОТ СВОЕЙ РОДИНЫ И МИННО-ТРАЛЬНОГО ДЕЛА

THE PATRIOT AND MINESWEEPING SUPPORTER

В статье рассмотрено становление высококлассного специалиста военно-морского дела и патриота своей Родины П. П. Киткина, его технические разработки и изобретения в области минно-трального дела.

Ключевые слова: Минный офицер, траление мин, награды, изобретения.

The article recounts a story of P. P. Kitkin, the patriot and top-class Naval specialist, discusses his developments and inventions in the field of minesweeping.

Key words: mine officer, minesweeping, awards, inventions.

Пётр Павлович Киткин родился 13 июня 1877 года в семье потомственных военных. Его дед Алексей Ювенальевич служил в лейб-гвардии гренадёрском полку, был участником Отечественной войны 1812 года и Заграничного похода. После войны он обосновался в Петербурге, где в 1832 году его назначили смотрителем зданий Главного Адмиралтейства. Несомненно, его жизненный путь, да и сама атмосфера города морской славы повлияли на выбор профессии последующих поколений Киткиных. Все четверо сыновей Алексея Ювенальевича окончили в Петербурге Морской кадетский корпус. Отец Пётра Павловича Киткина дослужился до контр-адмирала.

В 13 лет Петр был привезен отцом для поступления в Морской кадетский корпус, где успешно сдал вступительные экзамены при конкурсе 150 человек на 30 мест. В 1896 году П. П. Киткин окончил Морской корпус с отличием.

25 сентября 1896 года он был произведён в мичманы с назначением в Черноморский флот и зачислением в 29-й флотский экипаж. Своим назначением он был недоволен, так как мечтал о дальних походах и кругосветных плаваниях. Вскоре Пётр Павлович

назначается вахтенным начальником на только что спущенный на воду броненосец «Чесма». Броненосец был построен для войны на Чёрном море и имел достаточно мощное артиллерийское и минное вооружение. С 1896 по 1899 годы Киткин проходит службу на разных должностях на броненосце «Георгий Победоносец», крейсере «Память Меркурия», транспорте «Ингул» и учебном судне «Березань».

В кампанию 1899 года П. П. Киткин состоял флаг-офицер при младшем флагмане практической эскадры Чёрного моря. В этот период проявляется склонность Петра Павловича к изобретательству в области морского оружия. По окончании летней кампании в сентябре 1899 года П. П. Киткин поступает в Минный офицерский класс в Кронштадте. В своих воспоминаниях он отмечает трудности при прохождении курса и высокие требования к слушателям в процессе практических занятий на берегу и во время плавания в учебном отряде.

После годичного обучения Пётр вновь попадает на Черноморский флот, где служит минным офицером канонерской лодки «Уралец». В январе 1901 года он произведён в лейтенанты (рисунок 1).



Рисунок 1 – Лейтенант П. П. Киткин. 1901 год

В этот период П. П. Киткин также преподаёт в Минной школе Черноморского флота, проводит большую работу по переоборудованию минного транспорта в соответствии с требованиями современных приёмов постановки мин.

В октябре 1901 года лейтенант Киткин переведён на эскадру Тихого океана, где служит младшим минным офицером крейсера 1 ранга «Громобой», а затем крейсера 1 ранга «Рюрик». Он впервые уходит в дальнее плавание, заходит в Японию, знакомится со страной и её культурой, о которой так много рассказывал его старший брат Александр, неоднократно бывавший в дальних морских походах.

В сентябре 1903 года П. П. Киткин назначен старшим минным офицером крейсера 1 ранга «Аскольд». В это время его непосредственным начальником по специальности был выдающийся минёр, изобретатель первого отечественного трала, флагманский минёр Тихоокеанского флота К. Ф. Шульц. Лейтенант Киткин усиленно работает по повышению боевой подготовки минной команды. В служебных рапортах также отмечает серьёзные недостатки минных аппаратов крейсера.

Войну с Японией лейтенант Киткин встретил в Порт-Артуре. Неоднократно во время выходов в море он, рискуя жизнью, лично обезвреживал японские мины. П. П. Киткин внимательно изучал конструкции японских мин и обдумывал способы их обезвреживания. Он не раз замечал, что несовершенство тралов задерживало выход порт-артурской эскадры в море. Эти наблюдения и эксперименты с воздушными змеями привели в дальнейшем к разработке нового контактного трала, который так и называли – «змейковый». Этот трал был принят на вооружение уже в годы Первой мировой войны.

28 июля 1904 года на крейсере «Аскольд» лейтенант П. П. Киткин участвовал в бою с японцами в Жёлтом море, получил осколочное ранение в голову, в результате чего почти потерял слух. После боя он вместе с крейсером был интернирован в Шанхае. После окончания войны убыл на Чёрное море. С июня 1906 года он проходит службу минным офицером транспорта «Дунай». В мае 1906 года Киткин становится старшим минным офицером эскадренного броненосца «Георгий Победоносец».

В феврале 1907 года он переведён на Балтийский флот и зачислен в 8-й флотский экипаж. Непродолжительное время в 1907 году П. П. Киткин командует номерными миноносцами № 131 и № 130. В июне 1907 года он произведён в старшие лейтенанты и в сентябре 1907 года назначен минным офицером эскадренного миноносца «Лёгкий». В июне 1908 года старший лейтенант Киткин становится командиром миноносца «Прозорливый», а уже в ноябре этого же года назначается флагманским минным офицером штаба командующего дивизией миноносцев (с 12 марта 1909 года 2-й минной дивизией) Балтийского моря. В декабре 1908 года получает звание капитан-лейтенанта.

С октября 1909 года по июль 1910 года капитан-лейтенант П. П. Киткин исполняет обязанности старшего офицера (сейчас это старший помощник командира корабля) канонерской лодки «Хивинец». Несмотря на выполнение служебных обязанностей П. П. Киткин продолжает работать над проблемами развития минного оружия и средств, обеспечивающих его применение. Он обосновал и доказал возможность установки на палубе надводных кораблей минных путей для размещения якорных мин, принимал активное участие в разработке технологии снаряжения мин новым, более мощным взрывчатым веществом. Фактически П. П. Киткин в этот период руководил всеми испытаниями минного оружия и учебными постановками якорных мин на Балтийском флоте. Научная и изобретательская работа всё больше захватывает военного моряка. Поэтому он в 1910 году полностью посвящает себя делу траления мин. Работает в Научно-техническом комитете по минам и тралам, занимается разработкой и внедрением на флоте змейкового трала.

В апреле 1911 года получает звание капитана 2 ранга. 15 января 1912 года П. П. Киткин назначен начальником

сформированной на Балтийского флоте партии траления мин. В этот период он разрабатывает автономный минный защитник однократного действия для уничтожения контактных тралов МЗ-12 (рисунок 2), создаёт новый отводящий аппарат против якорных мин, устанавливаемый в носу кораблей, вносит предложение о создании кораблей-тральщиков специальной постройки.

С ноября 1913 года капитан 2 ранга Киткин назначен командиром флагманского корабля партии траления транспорта «Грозный» с оставлением в должности начальника партии траления. В этой должности он встречает Первую мировую войну. 27 августа 1914 года первая партия траления Балтийского флота под командованием капитана 2 ранга П. П. Киткина в составе восьми тральщиков типа «Минреп» в условиях активного противодействия противника провела траление якорных мин в Финском заливе. Тральщики, используя змейковые тралы и тралы Шульца, выполнили поставленную задачу. От подрыва на mine погиб один тральщик, ещё один получил незначительные повреждения от артиллерийского обстрела германских крейсеров. Это было первое боевое применение кораблей-тральщиков специальной постройки со штатным тральным вооружением.

Уже в сентябре 1914 года П. П. Киткин получает звание капитана 1 ранга за отличие в делах против неприятеля. А 14 мая 1915 года он назначен командиром дивизии траления Балтийского моря. В июле 1917 года произведён в контр-адмиралы за отличие по службе с утверждением в прежней должности.

Тральщики Балтийского флота под командованием контр-адмирала Киткина прошли за годы войны 158 800 миль, протралив почти 8000 квадратных миль моря. За мужество, мастерство и отвагу, проявленные в период

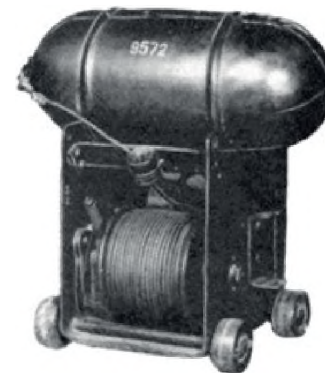


Рисунок 2 – Минный защитник МЗ-12

боевых действий на Балтике при проведении противоминных и минно-заградительных действий, П. П. Киткин был награждён мечами к ордену Святой Анны II степени (1915), орденом Святого Владимира III степени с мечами (1915), офицерским крестом французского ордена Почетного легиона (1915), Георгиевским оружием с надписью «За храбрость» (1916). Кроме того, к этому времени П. П. Киткин уже имел следующие награды: орден Святого Станислава III степени (1901), орден Святой Анны III степени с мечами и бантом (1905), орден Святого Станислава II степени с мечами (1907), орден Святого Владимира IV степени (1912), орден Святой Анны II степени (1913).

Последней операцией в войне с Германией, в которой Пётр Павлович успешно руководил минно-тральными силами Балтийского флота, стало героическое Моонзундское сражение.

После революции П. П. Киткин продолжил служить Отечеству и народу. В 1918–1919 годах он исполняет обязанности заведующего делами мин заграждения и траления. В 1919 году после участия в Ледовом переходе кораблей из Гельсингфорса в Кронштадт его назначают начальником минной обороны Балтийского моря. Он руководил постановкой мин на подступах к Кронштадту в период его блокады флотом Антанты.

В августе 1921 года П. П. Киткин, как бывший царский адмирал, был арестован Особым отделом Петроградского военного округа, но вскоре отпущен. В 1921–1923 годах он является председателем научно-технической комиссии минно-тральных опытов. В 1923–1924 годах – председатель минной секции НТК. В 1924–1926 годах – начальник минного полигона под Ленинградом. В 1926–1931 годах – председатель комиссии морских минных опытов. Одновременно в 1922–1941 годах П. П. Киткин преподаёт в Воен-

но-морской академии. Им воспитано целое поколение первоклассных минёров, которые оказались чрезвычайно востребованы на всех флотах в период Великой Отечественной войны. В 1928 году он был награждён золотыми часами с гравировкой «Стойкому защитнику пролетарской революции от РВС СССР».

В 1931–1942 годах П. П. Киткин работал в Научно-исследовательском минно-торпедном институте (НИМТИ) Военно-морских сил. В эти годы он сконструировал глубоководный минный защитник, поверхностно-сетевой трал и ряд других образцов минного и противоминного вооружения. В Красном флоте П. П. Киткин дослужился до звания капитана 1 ранга. В 1931 году он был зачислен в резерв РККФ, а в 1936 – уволен в запас.

С началом Великой Отечественной войны П. П. Киткин продолжал работать, отказавшись покинуть блокадный город. Несмотря на истощение, он занимался усовершенствованием минно-трального оружия, методов его боевого использования, изучал и составлял описания разоружённых немецких мин. В мае 1942 года 65-летнего дореволюционного адмирала вновь зачисляют в кадры ВМФ капитаном 1 ранга и назначают в Минно-торпедное управление ВМФ СССР.

В 1942–1943 годах П. П. Киткин командовал учебным судном «Свирь». В 1942 году разработал приспособление для самоподрыва якорных мин при их затравливании контактным тралом. В 1943–1944 годах занимал должность минного специалиста военного совета Балтийского флота, с октября 1944 года – старшего инженера-конструктора технического отдела НИМТИ ВМФ. Все это время он выполнял ответственные задания штаба флота по боевому тралению мин (рисунок 3).

5 ноября 1944 года П. П. Киткин вторично произведён в контр-адмиралы. В годы Великой Отечественной войны



Рисунок 3 – На боевом тралении в Балтийском море в годы Великой Отечественной войны

П. П. Киткин был награждён медалью «За оборону Ленинграда» (1943), орденами Красной Звезды (1943), Красного Знамени (1944), Ленина (1945). После войны также был награждён медалью «За победу над Германией» (1945) и вторым орденом Красного Знамени (1948). Эти награды свидетельствуют о признании его заслуг советской властью. Характерно, что на фотографии П. П. Киткина в военном мундире (рисунок 4) рядом с со-

ветскими наградами прикреплён знак участника обороны Порт-Артура – серебряный крест с мечами (рисунок 5). Адмирал не стеснялся своих наград, так как все они были получены за достойную службу своему Отечеству.

В 1946 году решением Высшей аттестационной комиссии за крупные изобретения в области минно-трального оружия, высокую научную ценность технических разработок П. П. Киткину без защиты диссертации была присвоена учёная степень доктора технических наук и учёное звание профессора. В целом ему принадлежит более двух десятков изобретений в области



Рисунок 4 – Контр-адмирал П. П. Киткин (1946 год)



Рисунок 5 – Знак участника обороны Порт-Артура

минно-трального дела, получивших широкое применение на флоте.

В январе 1947 года П. П. Киткин был назначен начальником отделения правил стрельбы и наставлений НИМТИ ВМС, в мае 1948 года вышел в отставку, но до последних дней жизни продолжал быть научным консультантом по вопросам минно-трального вооружения. 18 сентября 1954 года Пётр Павлович Киткин умер в Ленинграде. Он был похоронен с воинскими почестями на Литераторских мостках Волковского православного кладбища (рисунки 6).



Рисунок 6 – Памятник П. П. Киткину на Волковском кладбище

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Более пятидесяти лет потомственный морской офицер, дважды адмирал П. П. Киткин отдал служению Отчизне, упрочению могущества российского военного флота. После смерти имя контр-адмирала Петра Павловича Киткина было присвоено одному из кораблей Военно-морского флота СССР. К сожалению, память этого высококлассного специалиста и патриота больше никак не увековечена. Отечество не должно забывать своих героев.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.world-war.ru/dinastiya-kitkinyx-na-sluzhbe-otechestvu/>
2. <https://allmines.net/catalog/russia/nii/kitkin/>
3. https://vk.com/wall-98877741_11477
4. https://w.histrf.ru/articles/article/show/kitkin_piotr_pavlovich
5. <https://mywebs.su/blog/people/39016/>
6. <https://ok.ru/ivototomch/topic/66041402007699>
7. <https://google-info.org/4627499/1/kitkin-petr-pavlovich.html>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- | | |
|--------------------------|--|
| Гебриаль О. В. | – помощник заместителя генерального директора АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» |
| Дмитриченко В. П. | – к.т.н., с.н.с., начальник отделения АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» |
| Дышкантюк А. В. | – д.т.н., главный специалист направления НИО НТЦ "Альтаир - СПб" ПАО "НПО "Алмаз" |
| Кабанец Е. В. | – д.т.н., главный научный сотрудник АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» |
| Леонов Д. В. | – к.т.н., главный конструктор АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» |
| Погудин К. Г. | – к.т.н., учёный секретарь АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» |
| Подошвелев А. Н. | – к.т.н., начальник отдела НИИ Кив ВМФ ВУНЦ ВМФ «ВМА им. Н. Г. Кузнецова» |
| Репин А. А. | – канд. воен. наук, главный научный сотрудник АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» |
| Рычков В. М. | – канд. воен. наук, доцент СПбГМТУ |
| Сергеев А. К. | – к.т.н., старший научный сотрудник НИИ Кив ВМФ ВУНЦ ВМФ «ВМА им. Н. Г. Кузнецова» |
| Соколов А. С. | – к.т.н., начальник участка АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» |
| Солодко А. В. | – канд. воен. наук, доцент, доцент СПбГМТУ |
| Солодко Т. А. | – студентка СПбГМТУ |
| Титаровская Т. Н. | – инженер-конструктор АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» |
| Томов А. А. | – к.т.н., старший научный сотрудник АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» |
| Шаповалова А. Е. | – канд. филол. н., ведущий научный сотрудник АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» |
| Шарая И. В. | – начальник отдела АО «Концерн «МПО – Гидроприбор» |

Общие положения

1. Статьи принимаются в электронном виде при наличии экспертного заключения о допустимости открытой публикации.

2. В конце статьи должны быть указаны сведения об авторах (учёная степень, звание, в том числе почётное, 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. Корректурa авторам не высылается.

4. Авторский гонорар и оплата рецензирования рукописей не предусмотрены.

Рубрики

- Новости
- Минное и противоминное оружие
- Торпедное оружие и системы противодействия
- Морские роботизированные комплексы и системы
- Подходы и методы
- Носители морского подводного оружия
- Применение сил (войск) в мирное и военное время
- Экономика и финансы
- Исторические события и даты

Оформление рукописи

Текст статьи представляется в формате *docx (*doc). Количество страниц не более 15. Поля: верхнее, нижнее – 4 см, левое, правое – 3 см. Шрифт Arial, размер 11 pt, междустрочный интервал одинарный, абзацный отступ 1 см, выравнивание по ширине.

В левом верхнем углу указывается УДК.

Через один интервал справа курсивом указываются авторы: учёная степень, инициалы, фамилия.

Через один интервал по центру заглавными буквами полужирным шрифтом печатается заголовок.

Через один интервал размещаются аннотация и ключевые слова.

Подзаголовки статьи набираются заглавными буквами полужирным шрифтом и размещаются по центру с 1 интервалом сверху и снизу.

Рисунки вставляются в текст в формате файлов изображений (.jpeg, .png, .tiff и др.).

Рисунки и таблицы оформляются в соответствии с ГОСТ 2.105-95.

Уравнения и формулы должны быть набраны в редакторе формул и пронумерованы (в скобках справа).

Для маркированного списка в качестве маркера используется точка.

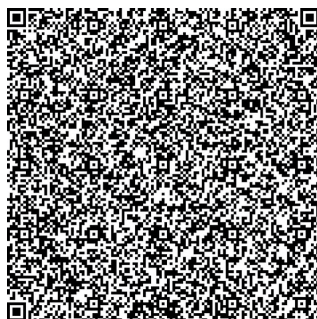
Ссылки на литературу приводятся в квадратных скобках. Список цитируемой литературы (согласно ГОСТ 7.0.100-2018) располагается под заголовком «ЛИТЕРАТУРА» через 1 интервал после текста и составляется по порядку упоминания в тексте.

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

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

Научно-технический сборник
по актуальным вопросам развития морского
подводного оружия
Издаётся с 2003 года

Вып. 3 (71) 2023



Подписано в печать 09.06.2023

Формат 70x108/16. Печать офсетная. Печ. л. 7,1. Тираж 100 экз. Заказ № 23.

Отпечатано в ООО «Типография Премиум Пресс»

190020, Санкт-Петербург, Нарвский пр., д. 18, лит. А, оф. 305

Учредитель

Государственный научный центр РФ

АО «Концерн «Морское подводное оружие – Гидроприбор»

194044, Санкт-Петербург, Большой Сампсониевский пр., д. 24 А, лит. 3

Тел. +7 (812) 542-01-47 Факс +7 (812) 542-96-59

E-mail: info@gidropribor.ru <https://www.gidropribor.ru>

Адрес редакции

194044, Санкт-Петербург, Большой Сампсониевский пр., д. 24 А, лит. 3

Тел. +7 (812) 542-26-59

E-mail: comnts@yandex.ru

Электронная версия сборника

<https://gidropribor.ru/science/redaktionno-izdatelskaya-deyatelnost/>