

МЕЖВИДОВОЙ ЦЕНТР ПОДГОТОВКИ
И БОЕВОГО ПРИМЕНЕНИЯ ВОЙСК
РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ
(УЧЕБНЫЙ И ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ)

IV ВСЕРОССИЙСКАЯ
ВОЕННО-ИСТОРИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ

«ВОЙСКА РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ
БОРЬБЫ. ИСТОРИЯ, СОСТОЯНИЕ
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ»



2025



Министерство обороны Российской Федерации
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Правительство Тамбовской области
Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск РЭБ (учебный и испытательный)
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»
Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского
Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»
Южный федеральный университет
Военная академия Ракетных войск стратегического назначения имени Петра Великого
Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации
АО «НПЦАП имени академика Н. А. Пилогина»
ФГКУ «12 ЦНИИ» Минобороны России
Краснодарское высшее военное училище имени С. М. Штеменко

ВОЙСКА РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ. ИСТОРИЯ, СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

СБОРНИК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ
IV ВСЕРОССИЙСКОЙ ВОЕННО-ИСТОРИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

Тамбов, 23 апреля 2025 г.

Научное электронное издание

МЦПБП



Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2025

УДК 623.62
ББК 68.517.1
В61

Редакционная коллегия:

- Ласточкин Ю. И. – председатель программного комитета, к.в.н.,
начальник войск радиоэлектронной борьбы ВС РФ;
Губсков Ю. А. – заместитель председателя программного комитета,
начальник МЦП и БП войск РЭБ, к.т.н., доцент;
Краснянский М. Н. – ректор Тамбовского государственного технического университета,
д.т.н., профессор, профессор РАН, почетный работник науки и высоких технологий РФ,
заслуженный работник высшей школы РФ, почетный работник ВПО РФ;
Алексеев В. В. – профессор «ТГТУ», почетный радист РФ,
действительный член РАЕН, д.т.н., профессор;
Громов Ю. Ю. – директор института автоматки и информационных технологий «ТГТУ»,
д.т.н., профессор, действительный член АИН РФ, РАЕН;
Зайцев А. В. – преподаватель цикла боевой подготовки МЦП и БП,
заслуженный работник высшей школы РФ, руководитель научной школы № 525 МО РФ,
д.т.н., профессор, действительный член РАЕН;
Савкин Е. И. – преподаватель цикла боевой подготовки МЦП и БП, к.в.н.;
Гютюнник В. М. – заслуженный работник культуры РФ, президент и генеральный директор
Международного Информационного Нобелевского Центра,
д.т.н., профессор, действительный член РАЕН;
Чепурнов П. А. – член военно-научного комитета (войск РЭБ), к.т.н.

В61 **Войска** радиоэлектронной борьбы. История, состояние и перспективы развития [Электронный ресурс] : сборник научных статей IV Всероссийской военно-исторической конференции. Тамбов, 23 апреля 2025 г. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2025. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium IV ; RAM 512 Mb ; необходимое место на HDD 5,8 Mb ; Windows 7/8/10/11 ; дисковод CD-ROM ; мышь. – Загл. с экрана.
ISBN 978-5-8265-2928-7

Включены материалы секционных докладов, вошедших в программу IV Всероссийской военно-исторической конференции «Войска радиоэлектронной борьбы. История, состояние и перспективы развития».

Конференция организована и проведена при информационной поддержке Тамбовского отделения РАЕН.

Материалы могут быть интересны специалистам в области управления сложными организационно-техническими системами и комплексами. Результаты могут быть полезны аспирантам, адъюнктам, студентам технических учебных заведений, специализирующимся в области радиоэлектроники и систем управления динамическими объектами.

УДК 623.62
ББК 68.517.1

Материалы предоставлены в электронном виде, организаторы конференции и редакция ответственности за содержание предоставленных авторами материалов не несут.

*Все права на размножение и распространение в любой форме остаются за разработчиком.
Незаконное копирование и использование данного продукта запрещено.*

ISBN 978-5-8265-2928-7

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2025

ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО

**начальника войск радиоэлектронной борьбы
Вооруженных Сил Российской Федерации, кандидата военных наук
генерал-лейтенанта Ласточкина Юрия Илларионовича**



Сегодня все мы прекрасно видим, как представители западных стран активно пытаются изменить историю, отобрать подвиги у нашего народа и представить россиян врагами для всего мира. Причем попытки фальсификации и искажений событий касаются не только давно прошедших периодов истории России, но и современности.

В условия проведения специальной военной операции неоднократно подтверждена актуальность ведения военно-исторической работы и изучения полученного опыта как ценных источников знаний, необходимых для строительства и развития войск радиоэлектронной борьбы, формирования исходных данных для ведения исследований в области военного искусства, совершенствования вооружения и военной техники, а также военно-патриотического воспитания личного состава.

Убежден, что IV Всероссийская военно-историческая конференция «Войска радиоэлектронной борьбы. История, состояние и перспективы развития», которая впервые проводится на базе Межвидового центра подготовки и боевого применения войск РЭБ (учебный и испытательный) (г. Тамбов), позволит укрепить научные связи между специалистами, занимающимися изучением и популяризацией знаний об истории войск радиоэлектронной борьбы, обеспечить обмен опытом между органами военного управления, ведущими научно-исследовательскими организациями, учебными заведениями и воинскими частями, а также придать новый импульс развитию военно-исторических исследований.

Начальник войск радиоэлектронной борьбы
Вооруженных Сил Российской Федерации
генерал-лейтенант

Ю. Ласточкин

ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО
проректора по научной работе Тамбовского государственного
технического университета, доктора технических наук,
профессора Муромцева Дмитрия Юрьевича



Уважаемые участники IV Всероссийской военно-исторической конференции «Войска РЭБ. История, состояние и перспективы», от имени руководства Тамбовского государственного технического университета приветствую вас на конференции, приуроченной к 80-летию Великой Победы.

Тамбовский государственный технический университет и Тамбовское высшее военное авиационное инженерное училище исторически имели прочные связи и славились сильными научными школами, способствующими подготовке высококвалифицированных профильных специалистов.

С 2015 года Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ) активно сотрудничает с Межвидовым центром подготовки и боевого применения войск радиоэлектронной борьбы. Ежегодно более половины численного состава научной роты являются выпускниками ТГТУ. За последние пять лет военную службу в научной роте прошли 55 выпускников университета. В настоящее время наблюдается положительная тенденция продолжения обучения в аспирантуре ТГТУ после завершения службы в научной роте.

Сотрудники и аспиранты ТГТУ активно участвуют в научно-исследовательских работах, проводимых в Межвидовом центре подготовки и боевого применения войск радиоэлектронной борьбы. В свою очередь, офицеры и операторы научной роты принимают участие в научных мероприятиях, конкурсах и грантах, организуемых университетом, а также проводятся совместные научные исследования, например, исследования по теме «Совершенствование системы подготовки специалистов РЭБ на основе моделей и алгоритмов автоматизированной системы эксплуатации с использованием интеллектуальных технологий» и др. Кроме того, офицеры научной роты проводят цикл занятий на территории центра для студентов ТГТУ в специализированных лабораториях, в частности, по специальности «Информационная безопасность автоматизированных систем».

Желаю всем участникам конференции успешного обмена знаниями и укрепления научных связей, что, безусловно, поспособствует созданию новых разработок, направленных на достижение технологического суверенитета Российской Федерации.

Проректор по научной работе ТГТУ,
доктор технических наук, профессор

A handwritten signature in dark ink, consisting of a stylized 'D' followed by a flourish.

Д. Муромцев

ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО

**начальника Межвидового центра подготовки и боевого применения
войск РЭБ (учебный и испытательный),
полковника Губскова Юрия Анатольевича**



Знание истории всегда обеспечивает выявление закономерностей и взаимосвязей событий и прогнозирование направления развития общества, отраслей экономики, развития вооруженных сил и войск РЭБ, в частности. Поэтому считаю важным:

- проведение научной дискуссии для обобщения и анализа исторического опыта создания и применения частей РЭБ;
- обсуждение современных взглядов на роль и место войск РЭБ в укреплении обороноспособности страны;
- объединение ученых и специалистов смежных отраслей науки, занимающихся изучением и популяризацией знаний об истории войск РЭБ, обмен опытом и придание нового импульса развитию военно-исторических исследований;
- установление долгосрочных партнерских отношений между органами военного управления, вузами и НИО МО РФ, организациями промышленности;
- совершенствование содержания, форм и методов военно-исторических исследований.

По результатам конференции предлагаю разработать:

- рекомендации по дальнейшему развитию научной работы в области истории войск радиоэлектронной борьбы, с привлечением Института военной истории и активизацией работы в Центральном архиве МО РФ;
- предложения по планированию и проведению последующих Всероссийских военно-исторических конференций;
- рекомендации по внесению изменений в учебный процесс с учетом материалов докладов конференции;
- предложения по включению материалов докладов в сборник статей по итогам научно-практических конференций МО РФ.

Уверен, что сегодняшняя конференция даст импульс новым направлениям развития войск РЭБ, новое развитие на основе тесного научно-технического сотрудничества с ФГБОУ ВО «ТГТУ», вузами и организациями министерств науки и высшего образования, Министерства обороны Российской Федерации.

Начальник Межвидового центра подготовки
и боевого применения войск РЭБ
кандидат технических наук, доцент
полковник



Ю. Губков

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. Исторический аспект	9
<i>Е. И. Савкин</i> Флаги над эльбрусом или «не стареют душой ветераны».....	9
<i>В. В. Алексеев, Ю. А. Губсков, А. В. Зайцев, С. В. Канушкин</i> История и перспективы развития подготовки специалистов войск РЭБ	24
<i>В. В. Алексеев, Г. А. Лахно</i> Перспективы развития автоматизированных систем технической эксплуатации средств РЭБ	33
<i>С. А. Бороздин</i> Становление и развитие военной подготовки специалистов радиоэлектронной борьбы в Южном федеральном университете.....	38
<i>А. Д. Анисимов, А. А. Брюханов, В. В. Шатских</i> Радиоэлектронная борьба: эволюция, роль в современных конфликтах и развитие учебно-тренировочных средств	44
<i>В. В. Гусев, Н. И. Залетов, Д. М. Овчинников, В. Р. Попенко</i> История создания и развития техники радиоэлектронной борьбы.....	50
<i>Ю. Ю. Громов, А. С. Мартынов, А. С. Шабардин</i> Историческое развитие методов обработки изображений в военных целях и современные тенденции	54
<i>В. В. Каиштанов, Д. В. Поддубный, М. Э. Самойлов</i> История развития РЭБ на основе анализа комплексов «Леер-3» и «Москит» .	64
Секция 2. Технический аспект	69
<i>А. И. Милютин, В. М. Тютюнник</i> Организация систем связи для беспилотных летательных аппаратов	69
<i>А. Д. Анисимов, А. А. Гусев, В. В. Шатских</i> Перспективы подготовки операторов средств РЭБ с использованием учебно-тренировочных средств.....	76
<i>А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков</i> Беспилотный летательный аппарат для дистанционного зондирования земли.....	83
<i>М. Д. Дмитриев, А. В. Кузнецов</i> Построение модели нейронной сети для образа оптимального специалиста	91
<i>А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков</i> Система воздушного наблюдения с использованием беспилотных летательных аппаратов.....	96
<i>М. Д. Дмитриев, А. В. Кузнецов</i> Методика подсчета параметров успеваемости для образа оптимального специалиста	102

<i>А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков</i> Беспилотный летательный аппарат для поражения радиоэлектронных устройств летательных аппаратов противника	107
<i>А. В. Мальков</i> Виртуальный интеллектуальный тренажерно-обучающий комплекс	115
<i>А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков</i> Беспилотная система мониторинга поверхности земли	120
<i>А. А. Гусев, В. В. Гусев, Н. И. Залетов, Д. М. Овчинников, В. Р. Попенко</i> Техническое обслуживание средств РЭБ в условиях боевых действий	126
<i>А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков</i> Мониторинг околоземного воздушного пространства и поверхности земли беспилотными авиационными системами	236
<i>Д. В. Лобин</i> Автоматизированный измерительный комплекс характеристик и параметров приемо-передающих и пеленгаторных антенн	145
<i>А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков</i> Привязная территориально распределенная воздушная система технического наблюдения	148
<i>А. А. Гусев, В. В. Гусев, Н. И. Залетов, Д. М. Овчинников, В. Р. Попенко</i> Сокращение времени поиска и устранения неисправностей средств РЭБ в условиях СВО	157
<i>А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков</i> Защита подразделения от беспилотных летательных аппаратов	166
<i>Е. В. Степанов</i> Применение технологии SDR в практических задачах радиоэлектронной борьбы	176
<i>А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков</i> Мобильная беспилотная система воздушного наблюдения и разведки	181
<i>И. А. Костяев, М. А. Устинов</i> Роль интеллектуальных технологий и эффективность их применения в условиях СВО войсками РЭБ	188
<i>А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков</i> Пассивные средства защиты от средств поражения, применяемых БПЛА	192
<i>Ю. Ю. Громов, А. С. Мартынов, А. С. Шабардин</i> Разработка программно-аппаратного комплекса постановки помех на основе программируемой логической интегральной схемы и микропроцессорных устройств	198
<i>А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков</i> Обеспечение боевых действий при активном применении беспилотных летательных аппаратов	209

<i>И. А. Костяев, М. А. Устинов</i>	
Актуальность и перспективы использования иммерсивных технологий для обучения операторов войск радиоэлектронной борьбы. В.И.Т.О.К. – эволюция обучения в области РЭБ	216
<i>А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков</i>	
Мобильная система наблюдения за воздушной, надводной и подводной обстановкой.....	221
<i>А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков</i>	
Мониторинг участков местности большой площади с применением беспилотных авиационных систем.....	231
<i>А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков</i>	
Многофункциональный беспилотный летательный аппарат, запускаемый из транспортно-пускового контейнера.....	240

Секция 1 ИСТОРИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

УДК 796.525

Е. И. Савкин

(Межвидовой центр подготовки и боевого применения
войск радиоэлектронной борьбы (учебный и испытательный),
г. Тамбов, Россия)

ФЛАГИ НАД ЭЛЬБРУСОМ ИЛИ «НЕ СТАРЕЮТ ДУШОЙ ВЕТЕРАНЫ»

Аннотация. Автор делится опытом восхождения на Эльбрус и рассказывает о важных моментах подготовки к подобному событию. В статье приводятся историческая справка о победе советских солдат над немецкими войсками на Эльбрусе, история знаменитого гимна Владимира Высоцкого, посвящённого альпинистам, советы по выбору маршрутов, фирм-организаторов путешествий, безопасности, состоянию здоровья и физическим требованиям, подбору необходимого снаряжения и правильной организации акклиматизации. Автор подчеркивает важность тщательного планирования и грамотного сопровождения профессионального гида, благодаря чему удается минимизировать риски и успешно достигнуть цели восхождения.

Ключевые слова: Эльбрус, восхождение, история, безопасность, здоровье, альпинизм, радиоэлектронная борьба, РЭБ.

E. I. Savkin

(Specific Training and Combat Use Center
Electronic Warfare Troops (training and testing), Tambov, Russia)

FLAGS OVER ELBRUS OR VETERANS DON'T GROW OLD AT HEART

Abstract. The author shares his experience of climbing Elbrus and talks about the important points of preparation for such an event. The article provides historical facts about the victory of Soviet soldiers over German troops on Elbrus, the history of Vladimir Vysotsky's famous anthem dedicated to climbers, tips on choosing routes, travel companies, safety, health and physical requirements, selection of necessary equipment and proper organization of acclimatization. The author emphasizes the importance of careful planning and competent guidance from a professional guide, which helps to minimize risks and successfully achieve the goal of climbing.

Keywords: Elbrus, climbing, history, safety, health, mountaineering, electronic warfare, EW.

После выхода в свет журнала «РЭБ в ВС РФ-2018» я с интересом прочитал статью Ю. Папочкиной «Флаг войск РЭБ на Эльбрусе». В ней автор поделилась своими впечатлениями о пребывании на Кавказе и попытке восхождения на Эльбрус, чтобы поднять там флаг войск РЭБ. В 2019 году я с нетерпением пролистал очередной выпуск журнала, надеясь найти успешное окончание этой истории. Ну... ну... вот сейчас я увижу полотнище флага РЭБ на высоте 5642 м...но увы ... и решил завершить начинание Юлии, начал собираться в гости к Эльбрусу. Должен признаться, что во многом этому способствовала фраза, произнесенная моим сыном Дмитрием о желании встретить день рождения 15 августа на Эльбрусе. Я взял на себя организацию этого путешествия и в этой статье расскажу о подготовке и самом восхождении, но сначала немного географии и истории.

Эльбрус – высочайшая гора Большого Кавказа и наивысшая точка России и Европы. Эльбрус расположен на территории нашей страны в Кабардино-Балкарской республике. Он представляет собой конус потухшего вулкана. Западная вершина Эльбруса (высота 5642 м) и Восточная (5621м.) разделены глубокой седловиной (5325 м). Эльбрус у тюркоязычных народов звался «повелитель духов», а адыгейцы прозвали его «горой, приносящей счастье».

Первое зарегистрированное восхождение на Эльбрус было совершено 22 июля 1829 года экспедицией Русского географического общества под руководством генерала Эмануэля Г.А. С 1930 годов восхождения на Эльбрус стали носить относительно массовый характер. В 1960 годах туда взобрались на... мотоцикле, в 1997 году – на внедорожнике, в 1998 – на лошадах, а в 2016 – на квадроцикле и 9 мая этого же года – на велосипеде. Восхождение на Эльбрус входит в международную программу «7 вершин».

Мое первое знакомство с горами, (и это тоже был Эльбрус) состоялось в 1982 году, когда я в первый раз зимой отдыхал на турбазе МО «Герскол». Именно тогда где-то в подсознании после туристического похода у меня зародилась мысль о штурме вершины Эльбруса. В те годы ежегодно проходила «Эльбрусиада» с восхождением армейских туристов на Эльбрус в составе команд со всех военных округов, флотов, видов и родов войск. Мои попытки попасть в число участников тогда не увенчались успехом. Затем за более чем 30-летний срок службы у меня было несколько поездок в Приэльбрусье с совершением летних походов по горным ущельям Адыл-Су и Адыр-Су без использования альпинистского снаряжения.

Во время походов мне приходилось бывать в местах боев за Кавказ. В Приэльбрусье проходил самый высокогорный фронт второй мировой войны. На станции «Мир» (3500 м) канатно-маятниковой дороги на г. Эльбрус находится музей обороны Приэльбрусья. В нем я познакомился с историей водружения советских флагов на Эльбрусе в годы Великой Отечественной войны.

Летом 1942 года немецкие войска начали наступление на Кавказ. Их целью был прорыв в Закавказье, к черноморским портам и бакинским нефтяным месторождениям. В августе месяце части 49 горнопехотного корпуса в результате ожесточенных боев на перевалах Главного Кавказского хребта подошли к Эльбрусу.

21 августа 1942 года группа альпийских стрелков германской 1 горнострелковой дивизии известной как дивизия «Эдельвейс», совершила восхождение на Эльбрус и водрузила на западной и восточной вершинах фашистские штандарты. Весьма вероятно, что эта операция была заранее спланирована. По воспоминаниям жителей Приэльбрусья в предвоенные годы к ним приезжали отдыхать туристы из Германии – накачанные, спортивные, неразговорчивые. Они с небывалым упорством совершали тренировочные восхождения, фиксируя все этапы маршрута на фотопленку.

Захват Эльбруса был «подарком» фюреру, который по свидетельству имперского министра вооружений и боеприпасов А. Шнейера вызвал у него крайнее раздражение. Фюрер обозвал егерей «сумасшедшими скалолазами», которые играют в игрушки, занимая никому не нужный горный пик, тогда как он приказал сосредоточить все усилия на прорыве к Сухуми. При этом Гитлер разрешил использовать фото и киноизображения флагов со свастикой, развивающихся над Эльбрусом, в нацистской пропаганде. Идеологи нацизма предлагали переименовать Эльбрус в «пик Адольфа Гитлера».

В начале февраля 1943 года командование Закавказского фронта приняло решение сорвать гитлеровские знамена с вершины Эльбруса. Штурм поручили объединенному отряду под руководством опытного спортсмена, полярника и ученого-метеоролога военинженера 3 ранга Александра Гусева и лейтенанта Николая Гусака. 13 и 17 февраля 1943 г. советские воины-альпинисты совершили труднейшее восхождение, соответственно, на западную и восточную вершины на Эльбрус в условиях свирепого ветра и сильного мороза (до -40°), сбросив с вершин фашистские флаги и водрузив алые стяги СССР.



Рис. 1. Водружение советского флага на Эльбрусе 1943 г.

В ходе нынешнего восхождения член Московского городского совета ветеранов войны и труда, Вдовин Н.А. развернул на пике Эльбруса штурмовой флаг 150-й стрелковой дивизии, ставший впоследствии легендарным Знаменем Победы.

Развернутое полотнище – это наша память и уважение фронтовикам и работникам тыла, защитившим мир от фашизма в честь 75-летия Победы.

Вдовин Н.А. был старейшим восходителем в нашей команде (68 лет), но далеко не самым старейшим в истории восхождений на Эльбрус. На станции «Старый кругозор», расположенной у подножья Эльбруса, я видел портрет пожилого человека, под которым написано: *«Залиханов Чокка Асланович. 209 раз восходил на Эльбрус. Последнее восхождение на Восточную вершину Эльбруса совершил в день своего 110-летия»*. Ну что, впечатляет?

На подъезде к п. Терскол Вдовин Н.А. попросил водителя остановиться около альпинистского музея имени В. Высоцкого, и мы с интересом осмотрели его экспозицию.

В. Высоцкий и горы. В 1967 году на экраны Советского Союза вышел фильм С. Говорухина «Вертикаль». Это был не просто фильм об альпинистах, а романтическая поэма о горах. Создателям фильма потребовались песни и поющий главный герой, и им стал Владимир Высоцкий.

Большинство актеров не имели опыта горной подготовки. С. Говорухин, имевший III разряд по альпинизму, не соглашался на упрощения, и съемки шли на больших высотах в реальных условиях в горах Кавказа, а именно в Баксанской долине, в ущелье Адыл-Су и на леднике Шхельда. Под руководством опытных альпинистов В. Высоцкий и другие актеры прошли курс занятий по скалолазанию, снежной и ледовой технике, закончившийся восхождением на пик Кавказ.



Рис. 2. Знамя победы на вершине Эльбруса

Для того чтобы глубже прочувствовать тему и войти в роль, В. Высоцкий расспрашивал консультантов фильма, в том числе известного мастера спорта по альпинизму Леонида Елисеева. На вопрос «Зачем вы ходите в горы?» Елисеев дал ему тот ответ, который Высоцкий и искал: «Сперва, чтобы проверить, что я есть за человек. А сейчас просто любопытно, что за люди кругом?» Скажу из своего опыта, что при восхождении на Эльбрус вы узнаете о себе то, о чем до сих пор не подозревали. Съёмки в «Вертикали» дали основу альпинистскому циклу песен В. Высоцкого: «Здесь вам не равнина», «Прощание с горами», «Если друг оказался вдруг» и др. Будучи курсантом в далекие 80-е годы я был на «живом» концерте В. Высоцкого и улыбался, слушая его «Скалолазку». «Ведь Эльбрус и с самолета видно здорово...», – пел в ней Высоцкий, как будто призывая не совершать на него восхождение. Но спустя 40 лет, преодолевая сомнения, мы решились на покорение величественного и неповторимого Эльбруса.

Разведка маршрута и выбор турфирмы. Для восхождения на Эльбрус нами был выбран самый популярный среди начинающих альпинистов и наименее трудный маршрут – с юга. Этот маршрут несложен и под силу любому человеку со средней физической подготовкой. При определении фирмы-организатора восхождения после недолгого поиска в интернете мой выбор пал на компанию Crazy travel во главе с Андреем Патраковым (мастером спорта международного класса по легкой атлетике, командором более полусотни экспедиций с восхождением на Эльбрус). Он и его правая рука Андрей Зеленов, после аварии передвигающийся на инвалидной коляске, поставили цель помогать людям (с инвалидностью и без) подниматься на самую высокую точку Европы. С их помощью это удалось сделать уже почти пятистам непрофессиональным альпинистам. А. Зеленов сам активно готовится к покорению Эльбруса. Замечу, что люди, передвигающиеся на колясках, уже несколько раз совершали подобное.

Я обратил внимание на состав гидов команды Crazy travel: Варвара Прохорова (мастер спорта по лыжным гонкам, победительница скоростного забега на Эльбрус), Гелла Хлыщ (альпинистка, мастер спорта по марафону).

Друзья, уже покорившие Эльбрус, говорили мне, что успех восхождения во многом зависит от гидов. Сейчас после успешного восхождения я могу уверенно сказать, насколько это соответствует действительности. Моя субъективная оценка такова: на 51% то, что я взойшел на Эльбрус – заслуга А. Патракова и его команды и оставшиеся 49% моя личная подготовка.

Наше очное знакомство с гидами, которым нам предстояло доверить наши тела и души состоялось вечером в день приезда. Это было 8 августа, и это был Международный день альпинизма (День альпиниста). Наш гид Гелла Хлыщ в этот день в одиночку за 23 часа совершила восхождение на обе вершины Эльбруса, сделав т.н. «Крест Эльбруса». Это нас впечатлило – с такими гидами и мы потихонечку взойдем.

Во время вечернего брифинга–инструктажа состоялось наше знакомство с группой. В команде оказалось 11 начинающих альпинистов из Москвы, Тамбова, Перми, Сочи, Уфы. Отдельного внимания заслуживает Сергей Екименко. В 2015 году Сергей, уже купивший путевку на Кавказ, в результате несчастного случая становится инвалидом–колясочником. Но и как А. Зеленов он не опускает руки: активно путешествует, участвует в соревнованиях. Исполнить его мечту взялись молодогвардейцы «Единой России», собравшие необходимую сумму через социальные сети. Его историю о преодолении себя и невероятных высот можно узнать в интернете.

Летом в Приэльбрусье можно встретить путешественников практически со всего мира. На акклиматизационных выходах рядом с нами поднимались альпинисты Индии, Швейцарии. В штурмовом лагере за соседним столом гадели веселые итальянцы. За два дня до штурма к нашей группе присоединились два представителя из Болгарии. По данным республиканского управления МЧС 13.08.2019 года в горах Кабардино-Балкарии было зарегистрировано 177 туристских групп (1388 человек), из которых 65 – иностранные группы. Все они были нацелены подняться на Эльбрус, но не всех Эльбрус пустил.



Рис. 3. Эльбрус с высоты

На мой взгляд, кроме правильного выбора гидов, успех восхождения складывается из следующих основных компонентов: физподготовка, материальное обеспечение, акклиматизация, погода, соблюдение требований безопасности и, конечно, удача. Ну а теперь по порядку.

Требования безопасности. Надо четко понимать, что восхождение является экстремальным и рискованным мероприятием и легкомысленность горного туриста – альпиниста может привести к печальным последствиям. По статистике 15-20 человек ежегодно находят на склонах Эльбруса свой последний приют.

Обязательной регистрацией группы в местном подразделении МЧС занимаются организаторы тура, а для самостоятельных смельчаков она более чем целесообразна и жизненно важна. Основные сотовые операторы работают на горе надежно, поэтому номер спасателей предусмотрительно должен присутствовать в вашем телефоне.

Горы таят в себе целый ряд опасностей. К дестабилизирующим факторам восхождения относятся: изменчивая погода, большая высота, солнечная радиация, физические перегрузки, крутой склон, камнепады, передвижение в темное время суток, переохлаждение, обезвоживание, неполноценная гигиена, микроорганизмы.

В своём материале я делаю акцент на тех аспектах, которые считаю важными, исходя из личного опыта подготовки и успешного восхождения на Эльбрус, которое хоть и сопряжено с риском, но всё-таки представляет собой активный отдых, а не борьбу за жизнь. К восхождению нужно тщательно подготовиться.

Состояние здоровья и физическая подготовка. Подняться на вершину Эльбруса может практически любой физически здоровый человек без противопоказаний и ограничений по пребыванию на высоте. Статистика команды Crazy travel показывает, что 5-10 % человек терпят неудачу по причине плохой физподготовки или болезни (простуды и пр.). Следует хорошо знать особенности своего организма. Явно не будет излишней тревожностью, если проконсультируетесь со спортивным врачом или с тем специалистом, по линии которого знаете за собой слабые места. На момент восхождения моя возрастная планка стояла на отметке 60,5 лет, и было проведено полное тестирование организма. Персональный доктор дал «добро», и я составил план подготовки и график тренировок. Я начал целенаправленно готовиться за 4 месяца до поездки и, на мой взгляд, этого времени было мало (оптимальный срок – полгода). Первый месяц – чередование ходьбы и бега в медленном темпе с частыми остановками и общефизические упражнения. Примерно через месяц базовое занятие продолжительностью 1,5-2 часа включало 5 км бега и 10 км езды на велосипеде. Одна из тренировок обязательно включала кросс на длительность, а другая – интервальная с периодическими рваными скоростными участками.

К сожалению, нам с Дмитрием не удалось избежать травм и воспалений в суставах в попытках достичь максимальных результатов в тренировках, и поэтому лучше заниматься со средней нагрузкой, чем затем лечить голеностопы и колени от интенсивных чрезмерных нагрузок. Плавное усиление нагрузок – важнейшее правило физической подготовки для неподготовленных восходителей.

В горах важен постоянный контроль состояния организма, находящегося далеко не в комфортных условиях. Хорошим показателем его адаптации к нагрузкам и высоте является частота сердечных сокращений. Правило «не работать на пульсе выше 140 ударов в минуту» соблюдалось мной неукоснительно. С помощью пальчикового пульсоксиметра мы практически ежедневно контролировали уровень насыщенности кислорода в крови. При сильной головной боли применялись обезболивающие таблетки (цитрамон, анальгин). Хорошему восстановлению мышц после выходов способствовал спортивный массаж в день отдыха (организаторы предусмотрительно побеспокоились о специалисте).

Вещевое и инженерное обеспечение (одежда и снаряжение). Одежда должна обеспечивать ваше комфортное пребывание, как в солнечную безветренную погоду, так и защиту от ветра и сохранение тепла. Погода – решающий фактор, определяющий успех восхождения, и она определяет перечень необходимой одежды. Коварство Эльбруса и состоит в переменчивой, трудно прогнозируемой погоде, формируемой потоками воздуха вокруг его вершин и сходящимися в седловине. Неспроста одно из названий Эльбруса переводится как «Гора, вокруг которой кружится ветер». Во время акклиматизационных выходов на 3000 м мы ходили в шортах при температуре + 20 градусов, а на 5000 м попадали под шквалистый ветер, когда из рюкзака доставалась зимняя пуховая куртка. Как заметил один из наших гидов: *«восхождение – это систематическое переодевание»*, и так оно и есть.

На этапе подготовки был составлен список одежды и снаряжения для восхождения, и мы определились, что есть в наличии, а что нужно где-то раздобыть. Вещи, непосредственно контактирующие с телом, должны быть свои, а все недостающее можно взять в прокатах в Терсколе и на поляне Азау. Лучше консультироваться по вопросам одежды и снаряжения у организатора и довериться опыту профессионалов. Скажу сразу, что в один из первых дней А. Патраков обошел каждого члена команды и проверил соответствие имеющейся одежды надлежащему качеству. Негодные вещи безжалостно откладывались в сторону. Как же он был прав!

Технической трудности маршрут не представляет, хотя требует применения специального альпинистского снаряжения. В прокате были взяты трекинговые ботинки на акклиматизацию, альпинистские высотные ботинки на восхождение, защитные гамаши, кошки, альпинистская обвязка, ледоруб, телескопические трекинговые палки, муфтованные карабины, верхонки (большие теплые мембранные рукавицы). Мой совет при выборе одежды, обуви и снаряжения однозначен – надо быть очень внимательным, все должно быть качественным, поскольку это ваш комфорт, защита и безопасность.



Рис. 4. Международные соревнования по альпинизму Эльбрусское кольцо-2019

Для меня весьма полезными в путешествии оказались спортивные часы с возможностью контроля пульса, набранной высоты и пройденного пути и налобный фонарик (двигаться придется ночью). И не забудьте, что в штурмовом лагере в вагончике спать придется в спальном мешке (показатель «комфорт» – около -5°).

Акклиматизация. Главную сложность в восхождении на Эльбрус представляла акклиматизация в горах. Она явилась серьезным испытанием для моего возрастного организма.

Горная болезнь («горняшка») в горах на высоте из-за снижения давления увеличивается расстояние между молекулами кислорода, поэтому человеку становится сложнее получить необходимый объем кислорода. Недостаточное количество кислорода в крови называется кислородным голоданием или гипоксией. Гипоксия приводит к развитию горной болезни. Акклиматизация или более правильно высотная адаптация невозможна без горной болезни. Типичные симптомы горной болезни – это повышенный пульс, одышка при физической нагрузке, головная боль, слабость, плохой сон, расстройство пищеварительного тракта, тошнота, отек мозга и легких разной степени. Безопасная акклиматизация должна длиться не менее 7-8 дней без ущерба для здоровья.

Мы использовали классическую многоступенчатую систему акклиматизации, с постепенным набором высоты и затем ее сбросом. Она выглядела следующим образом:

Первый день – прибытие в горы (2150 м), размещение в отеле, выход на водопад Азау (2300 м). Трекинг около 12 км. Ночёвка – 2150 м.

Второй день – выход по склонам горы Чегет (3170 м). Трекинг около 6,5 км. Ночевка – 2150 м.

Третий день – выход до «Приют-11» (4055 м) и далее до (4200 м). Высотный трекинг 4,2 км. Ночевка – 2150 м.

Первые три дня в горах чувствовались физические недомогания: задышался даже на небольших высотах, болела голова, но в принципе физическое состояние оценивал на «хорошо».



Рис. 5. Флаг войск РЭБ на самой высокой точке Европы

Четвертый день – переезд «с вещами» на гору в штурмовой лагерь (вагончики на отметке 3750 м), первый выход в горы «в кошках» до отметки 4200 м. Снежно-ледовые занятия по обучению хождению в кошках, работе с самостраховкой и технике зарубания ледорубом. Высотный трекинг около 4,5 км. Ночёвка на 3750 м.

Пятый день – выход до 4700 м (Скалы Пастухова) и далее до сломанного ратрака (4950 м). Высотный трекинг около 12,5 км. Ночёвка на 3750 м.

Шестой день – отдых. Весь день на 3750 м. Вечерний сон на 3750 м.

За трое суток нахождения в штурмовом лагере мне удалось поспать всего 8 часов – акклиматизация проходила бурно. Количество таблеток, принятых от головной боли было весьма значительным. Терпеть сильную головную боль нельзя!!!

Седьмой день. Штурм Западной вершины Эльбруса (5642 м).

Накануне штурма. В день отдыха перед штурмом мы набирались сил перед решающим рывком. Некоторую озабоченность и напряженность вызывала травма колена, полученная Дмитрием при спуске накануне. Организованная онлайн консультация с врачом в Тамбове, четкое выполнение его инструкций позволили к вечеру принять решение, что травма не мешает подъему. Вторым моментом, оказавшим влияние на настроение и состав нашей команды, были тревожные сообщения от спасателей о несчастных случаях в этот день.

Сводка республиканского управления МЧС от 13.08.2019 года.

На высоте около 4,2 километра стало плохо альпинисту из Австралии. По предварительным данным у 51-летнего мужчины началась горная болезнь. На высоте 5,3 тысячи метров один за другим сорвались два альпиниста. Мужчина получил травму головы, женщина повредила ногу. На высоте 4300 метров 41-летнему альпинисту из Перми стало плохо. Предположительно, у мужчины начался отек легких. Все пострадавшие эвакуированы и переданы врачам.

Это было еще одним напоминанием, что горы небрежности и серьезных ошибок не прощают. Два члена нашей группы, трезво оценив свои силы, приняли решение отказаться от восхождения. Остальные после финального инструктажа гидов занялись сбором необходимой экипировки. Выспаться получилось всего пару часов, поскольку команда «Подъем» прозвучала в 23.00.

На штурме. Выход на штурм начинается ночью из соображений безопасности – после подъема, который обычно длится 8-10 часов, спуститься с горы необходимо в светлое время суток и до ухудшения погоды. Ровно в 1 час ночи при свете налобных фонариков мы начали движение. А. Патраков определил порядок расположения участников группы. За руководителем группы встали самые слабые участники – именно по ним он выстраивал темп, затем шли более сильные участники, замыкали строй два дополнительных гида. Всего на нашу команду численностью 11 человек было 4 гида. Это необходимо, если бы кому-то стало плохо, чтобы сопроводить человека в лагерь, иначе при недостатке гидов вниз пойдет вся группа.

Восхождение на Эльбрус представляет собой методичный монотонный шаг, который можно сравнить с долгим подъемом по лестничным пролетам городской многоэтажки. На Косой полке до седловины мое настроение и самочувствие было нормальным. Ночь была красива: небо было чистейшим и звездным, то и дело падали звезды. Цепочка фонариков вверху и ниже указывала, что количество желающих взойти на вершину весьма значительно.

Несмотря на то, что нам повезло и во время штурма погода «шептала» – была просто идеальной (ночью чуть ниже нуля градусов) у меня начала неметь травмированная рука, и верхонки, надетые поверх горнольжных перчаток, реально вернули ей работоспособность. После седловины на высоте 5300-5400 м подъем начал даваться реально очень тяжело. На этой высоте воздух насыщен кислородом в 2 раза меньше, чем на равнине, и «горняшка» проявила себя сильнейшей головной болью. Наш опытный гид (это было его 57-е восхождение) несколько раз делал привалы, контролируя состояние каждого члена группы.

Подавляющее большинство ее состава двигались исключительно на морально-волевых ресурсах и нежелании отступать. Каждый шаг давался с трудом. До вершины казалось рукой подать, но проходили час за часом, а она оставалась по-прежнему недоступной. Каждые 100 метров высоты преодолевались примерно за час. Крутизна склона местами достигала 40-45 градусов. В самых крутых местах были натянуты веревки, т.н. «перила», и пристегивание к ним требовало внимательности и концентрации. Признаюсь, что, учитывая собственное состояние, я просил гидов страховать все мои действия. Некоторые члены группы впоследствии откровенно говорили, что идти по узкой тропе порой было страшно, поскольку внизу по склону располагались трещины. Повторять участь сорвавшихся накануне неудачников никто не хотел, и мы проявляли максимум осторожности. Метров за 100 до вершины на снегу остались штурмовые рюкзаки и теплые пуховки, и нам стало чуть легче.

Наша группа в полном составе справилась со всеми трудностями, и в 9 часов 30 минут утра 14 августа 2019 года мы взойти на Западную вершину горы Эльбрус. Высота 5642 м взята!! Эльбрус нас пустил. Признаюсь, что на глаза накатались слезы – это была разрядка физического и эмоционального перенапряжения. Ощущение от победы было ярким, поскольку далась она непросто.

Пребывание на вершине длилось примерно минут двадцать. Вид с горы Эльбрус просто потрясающий. Кавказский хребет виден здесь во всем

своим могуществом и великолепием. Мы достали наши штурмовые флаги. С нашими гидами был развернут флаг войск РЭБ и с Дмитрием флаг родного центра.

Миссия была выполнена... почти.

Спуск. Сделав фото, мы двинулись вниз. Спуск был неторопливым, поскольку организм человека реагирует на набранную высоту с некоторой задержкой. Восхождение считается выполненным лишь при удачном самостоятельном спуске с вершины. Как сказал один из литературных героев: *«При достаточной решимости любой идиот может подняться на эту гору, но вся хитрость в том, чтобы спуститься назад живым»*. Спускаться было гораздо легче, чем подниматься. Предложение совершить «Крест Эльбруса», сделанное А. Патраковым на седловине, было дружно отклонено и через 4 часа мы уже были в лагере.

Практически на подходе к нему мы встретили поднимающихся в гору участников международных соревнований по альпинизму среди горных подразделений «Эльбрусское кольцо-2019». Они выполняли специальную задачу «Совершение марш-броска с оружием и снаряжением по маршруту поляна Азау–«Приют-11». Это мероприятие проводилось на базе центра горной подготовки и выживания «Терскол» в рамках Армейских международных игр-2019 (АРМИЯ-2019).



Рис. 6. Знамя Межвидового центра подготовки и боевого применения войск РЭБ на вершине Эльбруса

При подготовке к этим состязаниям в финальном задании всеармейского этапа конкурса «Эльбрусское кольцо-2019» военнослужащим горного подразделения Главного управления Генерального штаба ВС РФ потребовалось 2 часа 33 минуты для восхождения на западную вершину из базового лагеря «Приют-11» (4130 м). Подготовка наших воинов-альпинистов вызывает у меня огромное уважение. Но быстрее военных альпинистов покоряют Эльбрус профессиональные спортсмены. Ежегодно накануне Дня Победы в Терсколе проводится фестиваль горных экстремальных видов спорта Red Fox Elbrus Race по скоростному восхождению на Эльбрус. Вот некоторые его результаты.

7 мая 2017 года Карл Эглофф из Эквадора установил рекорд – он преодолел дистанцию от поляны Азау до Западной вершины за 3 часа 24 минуты.

7 мая 2019 года Виталий Шкель (Кабардино-Балкария) установил уникальный мировой рекорд по подъёму на обе вершины Эльбруса – Западную и Восточную – и спуску до поляны Азау! Так называемый «крест» Виталий прошёл за 5 часов 49 минут! Воистину физические возможности человеческого организма безграничны.

После штурма. После успешного восхождения на восьмой день нашего путешествия организаторы предложили активный отдых – скалолазание или ледолазание под руководством инструктора. Но мы с Дмитрием предпочли легкий «детский» выход на водопад Девичьи Косы (высота 3000 м). Баня в горах способствовала восстановлению сил. Ну а вечером было вручение сертификатов о достижении вершины Эльбруса на дружеском банкете по случаю дня рождения Дмитрия. Все было «включено»: живописный горный пейзаж, потрясающие блюда, комфорт от отсутствия альпинистских ботинок, много кислорода и чувство удовлетворенности от всего сделанного.

Сама вершина не является целью. Вершина – это мотивация. Что вы будете считать своей вершиной, зависит только от вас. Для кого-то вершиной будет очередное звание или новая должность, защита диссертации или постройка дома, избавление от вредной привычки или тяжелой болезни. Эльбрус лишь поможет поверить в собственные силы. Главное – это победа над собой. Некоторые ваши очень большие проблемы с высоты Эльбруса покажутся менее значительными. Поэтому если вы мечтаете о своей вершине, то рискуйте – попробуйте. Но если уж решитесь, то неземная красота будет постоянным спутником в этом путешествии, а радостные эмоции останутся надолго после его окончания.

Единственная представительница «слабого пола» в нашей команде москвичка Евгения Кузичкина написала следующее стихотворение, которым я и заканчиваю свой рассказ.

*Если горodom ты обесточен,
Если счастья не помнишь вкус,
Есть хорошее средство очень:
Поднимись на гору Эльбрус.*

*Там вершины покрыты снегом,
Там величие манит скал.
Если ты на Эльбрусе не был,
Ты и жизни ещё не знал.*

P.S. Внимание, будьте осторожны!! Альпинизм вызывает привыкание и 50% людей, поднявшихся на вершину Эльбруса, возвращаются туда еще раз.

УДК 37.091.64

**В. В. Алексеев¹, Ю. А. Губсков²,
А. В. Зайцев², С. В. Канушкин³**

¹Тамбовский государственный технический университет,
Кафедра Информационные системы и защита информации,
г. Тамбов, Россия

²Межвидовой центр подготовки и боевого применения
войск радиоэлектронной борьбы (учебный и испытательный),
г. Тамбов, Россия

³Военная академия Ракетных войск стратегического назначения
имени Петра Великого, г. Балашиха, Россия)

ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ВОЙСК РЭБ

Аннотация. Статья рассматривает актуальные проблемы оснащённости учебно-материальной базы Министерства обороны Российской Федерации, выявляет основные трудности, возникающие при традиционной подготовке специалистов, и предлагает пути их устранения посредством внедрения специализированных программных средств компьютерного обучения и тренировки. Анализируется состояние современной учебно-тренировочной инфраструктуры, рассматриваются методики и технологии создания тренажёрных комплексов, позволяющих эффективно готовить экипажи к выполнению боевых задач. В заключение приводятся рекомен-

дации по проведению экспериментов с целью подтверждения практической значимости предложенных подходов и методик.

Ключевые слова: учебно-материальная база, средства программного компьютерного обучения, компьютерные системы обучения и тренажа, технические тренажеры универсальные виртуальные.

**V. V. Alekseev¹, Yu. A. Gubskov²,
A. V. Zaitsev², S. V. Kanushkin³**

(¹Tambov State Technical University,
Department of Information Systems and Information Security,
Tambov, Russia

²Interspecific Training and Combat Use Center
Electronic Warfare Troops (training and testing), Tambov, Russia

³Peter the Great Military Academy of the Strategic Missile Forces,
Balashikha, Russia)

THE HISTORY AND PROSPECTS OF THE DEVELOPMENT OF THE TRAINING OF SPECIALISTS OF THE ELECTRONIC WARFARE FORCES

Annotation. The article examines the current problems of equipping the educational and material base of the Ministry of Defense of the Russian Federation, identifies the main difficulties encountered in the traditional training of specialists and suggests ways to eliminate them through the introduction of specialized computer training and training software. The state of the modern training infrastructure is analyzed, methods and technologies for creating training complexes are considered, which make it possible to effectively prepare crews for combat missions. In conclusion, recommendations are given for conducting experiments in order to confirm the practical significance of the proposed approaches and techniques.

Keywords: educational and material base, computer-based software training, computer-based training and coaching systems, universal virtual technical simulators.

Исторически сложившаяся практика обеспечения учебных заведений (центров) и подразделений МО РФ учебно-материальной базой (УМБ), организации и проведения учебного процесса подготовки специалистов, базирующаяся на уникальной УМБ для каждого образца вооружения, разработке по изучаемым специальностям методических пособий и программ обучения, в основном, обеспечивает подготовку специалистов в учебных центрах МО РФ и практическую подготовку расчетов в войсках. Реализация подобного подхода требует весьма значительных затрат сил и средств и не лишена определенных системных недостатков, а именно [1]:

- высокие и повторяющиеся (с вводом в эксплуатацию новых образцов вооружения) затраты сил и средств на создание УМБ, подготовку и проведение учебных процессов;
- ограниченное использование в составе УМБ унифицированной вычислительной техники и унифицированных технических решений;
- недостаточное системное использование компьютерной техники и методов программного обучения в учебных процессах;
- недостаточное использование компьютерных технологий в изложении графики и текстовых документов (эксплуатационных, программно-методических, организационных и др.);
- зависимость учебных процессов от личности и квалификации преподавателя;
- сложность и трудоемкость подготовки квалифицированных преподавателей и профессионально полноценных унифицированных методик обучения в соединениях и учебных заведениях.

Перечисленные недостатки заставили разработчиков УТС разработать «Программу развития учебно-материальной базы для учебных заведений и соединений, создания и внедрения в учебные процессы подготовки специалистов для МО РФ средств и методов программного компьютерного обучения» [2].

Настоящая программа направлена на развитие универсальной УМБ для образцов вооружения, создание и введение в практику подготовки специалистов средств и методов программного компьютерного обучения, устраняющих отмеченные недостатки. Комплексный и системный подход в решении задач программы требовал привлечения к работам как организаций МО РФ (включая высшие и специальные учебные заведения), так и организаций промышленности.

Подобная работа была начата во всех видах и родах ВС, а законодательное закрепление получила в директиве ГШ ВС РФ еще в 2002 году № 314/9/497.

Реализация данных мероприятий позволила осуществить выполнение перспективных направлений и их детализацию:

- определение и согласование с Главным исполнителем перечня разрабатываемых программных виртуальных тренажеров по составным частям образцов вооружения и специальностям и выдача технических заданий на разработку виртуальных программ обучения и тренировок (ВПОиТ);
- разработка и выдача технического задания на разработку тренажера универсального, виртуального (ТУВ);

- разработка КД и ЭД на ТУВ;
- изготовление ТУВ;
- проведение испытаний ТУВ и его приёмка Ген. Заказчиком;
- разработка ВПОиТ и их запись на компакт-диски;
- проведение испытаний ВПОиТ и их приёмка Ген. Заказчиком;
- тиражирование и поставка ВПОиТ по заказу и разнорядке Ген. Заказчика;
- корректировка и наращивание ВПОиТ в процессе эксплуатации.

В основе ТУВ лежит вычислительная сеть ПЭВМ, представляющая собой информационно-вычислительный комплекс, который обрабатывает в данном случае поток учебных задач. Особенность потока задач в системах типа КСОТ (компьютерных систем обучения и тренажа) состоит в существенной неоднородности [3, 4], поэтому существует необходимость при синтезе специального программного обеспечения получения оптимального разбиения всего множества задач на функциональные подсистемы. Это одна из важнейших задач, которая должна предшествовать разработке систем подобных КСОТ и может быть решена путем получения качественного представления программного обеспечения. Результатом исследования качественных свойств задач, задаваемых алгоритмами подготовки, является задание требований к построению программного комплекса системы, в том числе и к выбору операционной системы. Это позволит также снизить затраты на управление вычислительным процессом.

Процесс функционирования в реальных вычислительных системах полностью зависит от свойств входящего потока задач и архитектуры программного комплекса. Это приводит к тому, что при изменении свойств одной из задач входящего потока при разработке подобных систем возникает необходимость пересмотра качественного представления программного обеспечения системы. Учитывая трудоемкость работы по получению качественного представления СПО, необходимо решить задачу автоматизации указанного процесса. Такую возможность предоставляет методика получения СПО, разработанная с использованием аппарата *нейронных сетей*, связывающих методы компьютерного обучения, использованные при разработке алгоритмов обучения с выделенными программными средствами. Принципиально важным является вопрос идентификации неисправностей как УТС, так и аппаратуры РЭБ в целом, который может быть решён с использованием опять же интеллектуальных технологий [5].

На основании выполненного анализа можно заключить, что на современном этапе развития средств искусственного интеллекта процесс извле-

чения и усвоения знаний целесообразно организовать на основе автоматизации разделения функций между экспертом и системой, в этом случае, на систему следует возложить функции организации целенаправленного извлечения новых знаний, обеспечения управления процессом и оценки полученных знаний на полноту и непротиворечивость.

Следующий компонент ИСАО – это стратегия освоения предмета, определяющая ее способность выполнять функций экспертов и кураторов, которые заключаются в общении с обучаемыми, определении структуры курса обучения и управлении ходом диалога, выборе темы очередного занятия, определении текущих задач, оценивании ответов и действий обучаемых, поддержании обратной связи с ними, анализе и внесении изменений в методику обучения. Большинство из этих функций выполняют и ИСАО.

Применительно к подразделениям РЭБ стратегии освоения предмета, используемые при подготовке должностных лиц (ДЛ) в ВТС, могут быть сведены к следующим: тренировка, приобретение навыков, слаживание, комплексное освоение техники.

Тренировочная стратегия имеет стабильные имитатор и описание ситуации, которые варьируются в процессе изучения материала до тех пор, пока обучаемые не усвоят содержание.

Приобретение навыков отличается тем, что контроль за действием обучаемых распространяется на время реакций, четкость исполнения, быстроту ориентации. Обучающий материал представляется комплексом специально подобранных задач нарастающей сложности.

Слаживание предполагает групповой состав обучаемых с четким распределением функций внутри группы. Контроль осуществляется за действием каждого члена группы и всего коллектива в целом. Процесс слаживания включает предыдущие элементы и, кроме того, совместную деятельность, результат которой может быть непосредственно оценен. Различают психологическую и оперативную слаженность. Психологическая слаженность может отрабатываться с использованием разных стратегий и предметов, в том числе, не имеющих отношения к профессиональной деятельности. Оперативная слаженность обеспечивает эффективное выполнение функции и отрабатывается на стратегиях, которые имитируют реальные ситуации.

Комплексное освоение ТС включает элементы всех стратегий и, кроме того, элементы поиска перспективы, связанные с устранением общих и функциональных недостатков освоения предмета.

Основной вопрос применения всех стратегий связан с управлением диалогом обучаемого с системой (экспертом), и касается того, в какой пропорции это управление распределено между обучаемым и ИСАО. Все ИСАО можно классифицировать по признаку передачи управления: системе, обучаемому, поочередно системе и обучаемому. В последнем случае диалог протекает по инициативе обеих сторон, что предполагает использование набора сложных правил для определения, кому должно быть передано управление в данный момент.

Для оценивания полученных от обучаемого ответов существует несколько методов. Простейший метод состоит в определении правильности или оптимальности ответов обучаемого. Более совершенные методы позволяют выяснить, является ли ответ частично правильным, и затем определить, что именно неизвестно обучаемому. Наиболее совершенный метод оценки ответов предполагает способность к пониманию системой нестандартных ответов, которые могут быть верными, но нестандартными. Обратная связь организуется таким образом, чтобы обучаемый мог проанализировать и изменить свой ответ [6].

Таким образом, анализ особенностей стратегии освоения в ИСАО показал, что применение в них методов искусственного интеллекта позволило существенно увеличить гибкость процесса освоения систем. Однако основная проблема стратегии освоения в ИСАО заключается в отсутствии ее адаптации к изменению квалификации обучаемого в процессе взаимодействия с ней. Иначе говоря, стратегия является статичной относительно ситуации, которая изменяется в процессе освоения предмета.

Для определения уровня квалификации обучаемого и сопоставления его с моделью из базы данных существуют различные методы.

Перспективным является порождающее моделирование. Здесь вместо анализа конкретных собранных фактов уровень квалификации обучаемого оценивается через его намерения, используемые для решения конкретной проблемы. Далее на основании этих намерений обнаруженные неверные представления устраняются, а обратная связь увязывается с конкретными представлениями обучаемого.

Анализ особенностей освоения предмета в ИСАО показал, что включение модели обучаемого в интеллектуальные системы позволяет сделать процесс освоения предмета более индивидуальным и гибким. ИСАО способны акцентировать внимание обучаемого именно на тех вопросах, по которым он демонстрирует непонимание. Индивидуальный характер освоения предмета позволяет добиться значительной экономии времени.

На основе вышеизложенного принципа сформулирован метод активной ситуации (МАС) [6,7]. МАС – это способ автоматизированного освоения ВТС, заключающийся в изучении принципов построения, функционирования, динамики жизненного цикла этой системы и получении умений и навыков работы с ней на основе взаимодействия с моделями независимых и (или) взаимосвязанных технических средств ВТС, без временных и ситуационных ограничений на данный цикл.

Цель метода – увеличение степени автоматизации процесса освоения ВТС с одновременным повышением гибкости и эффективности его системы управления.

Сущность метода состоит в автоматической выборке для изучения теоретического материала объемом, необходимым для достижения заданного уровня квалификации обучаемого за установленное время и виртуальном построении конкретной ВТС, задании ей алгоритма функционирования и предъявлении ее обучаемому для освоения в рамках его функциональных обязанностей, с возможностью оперативного изменения ситуации в зависимости от его текущих действий.

В качестве показателя эффективности процесса подготовки экипажей на тренажере предлагается использовать вероятность того, что экипаж достигнет запланированного уровня подготовленности C_3 за заданное время t_3 : $W(T_3) = P(C(t_3) > C_3)$, которая может быть найдена как вероятность того, что время, необходимое для правильного выполнения запланированного количества режимов, не превысит заданного, т.е.

$$W(T_3) = P\left(\sum_{i=1}^n t_i^* \leq t_3\right)$$

Для повышения эффективности процесса подготовки на тренажерах необходимо уменьшать потери времени, вызванные отказами тренажера или ошибками расчетов.

При создании современных тренажерных средств широко используются серийно выпускаемые промышленностью вычислительные комплексы и устройства с присущими им надежностными характеристиками, изменить (улучшить) которые на этапе создания и эксплуатации тренажера невозможно. В связи с этим особое внимание при создании тренажеров необходимо уделять разработке программных методов и средств повышения отказоустойчивости функционирования тренажеров.

Для оценки эффективности использования КСИОТ на цикле БП-Н Межвидовом центре ПБП войск РЭБ в ходе специальной подготовки млад-

ших специалистов, связанных с эксплуатацией радиостанций комплекса, в течение периода обучения 2023–2024 года, был проведен анализ, позволивший оценить эффективность применения в учебном процессе разработанных программных продуктов, который может лечь в основу педагогического эксперимента.

Цель эксперимента – исследование эффективности применения компьютерных программ обучения и тренажа при освоении курсантами вопросов эксплуатации аппаратуры на практических занятиях.

Задачи эксперимента – исследовать влияния применения компьютерных программ в процессе занятий на степень усвоения теоретического материала и качество вырабатываемых практических навыков, необходимых при работе с техникой.

Для того чтобы оценить эффективность использования КСИОТ, могут быть выбраны показатели эффективности и критерий, по которому можно провести оценивание. В качестве показателя эффективности использования КСИОТ может быть выбрана успеваемость, в качестве критерия – максимизация успеваемости (среднего балла).

Для эксперимента следует учебные звонки разделить на две подгруппы: 1 – экспериментальную и 2 – контрольную.

В экспериментальной группе обучение будет проводиться с применением названной КСИОТ, в контрольной – традиционными методами.

Чтобы на выходе получить объективные результаты обе подгруппы будут поставлены в равные условия, т.е. одинаковыми будут программа учебной дисциплины, состав обучаемых, вид занятий, день проведения занятий, преподаватель и способ опроса.

Успеваемость подгруппы в целом может оцениваться по следующей формуле [8]:

$$Y = \frac{1}{mn} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m c_{i,j}$$

где $c_{i,j}$ – оценка, полученная j -м курсантом за i -е задание; n – число курсантов; m – число оцениваемых заданий.

При этом следует заметить, что если при обучении курсантов на реальной технике из-за её ограниченного количества проведение режимов могут осуществить не более 10 человек в течение 2 часов, то с использованием специализированного компьютерного класса, представляется возможным организовать эту работу одновременно всей группе в количестве 25 курсантов при реализации трёх тренировок.

Таким образом, применение тренажера в учебном процессе может повысить успеваемость обучаемых на 15...20% [9]. Соотношение экономической эффективности использования специализированного класса очевидно. То есть, применение новых информационных технологий в учебном процессе не только повысит качество обучения, но и уменьшит его стоимость. Кроме того, не расходуется эксплуатационный ресурс реальной техники и очевиден выигрыш в экологическом отношении.

Список использованных источников

1. Разработка алгоритма военно-экономической целесообразности систем вооружения / В. В. Алексеев, Ю. А. Губсков, А. А. Гусев, А. В. Зайцев // Военная безопасность России: исторический опыт и взгляд в будущее. 9-я Международная научно-практическая конференция научного отделения № 10 Российской академии ракетных и артиллерийских наук. – 2024.
2. Директива ГК РВСН 1999 года № Др-05 «О вводе методических указаний по вводу в строй выпускников вузов, офицеров, призванных из запаса и переведенных из других видов Вооруженных Сил Российской Федерации».
3. Сигнаевский, В. А. Методы оценки быстродействия вычислительных систем. / В. А. Сигнаевский, Я. А. Коган. – М. : Наука, 1991. – 256 с.
4. Научно-исследовательская работа «Амурец БП»: Итоговый отчет. / А. В. Зайцев, О. В. Романов, В. В. Семенков, А. Ю. Алексеев. – Инв. № 72/НИО. – Серпухов : СВИ РВ, 2001.
5. Научно-технический отчет по НИР «Исследование проблем повышения эффективности управления повседневной деятельностью соединений, воинских частей и подразделений РВСН», Шифр «Амурец-2001». – М. : ВА РВСН имени Петра Великого. – 2001. – 175 с.
6. Компьютерные технологии обработки информации : учебное пособие / Назаров, С. В. [и др.]. – М. : Финансы и статистика, 1995. – 248 с.
7. Пауков, А. Ю. Программное обеспечение элементов технологии мультимедиа в автоматизированных обучающих системах : дис. ... канд. техн. наук / А. Ю. Пауков, Московская академия приборостроения и информатики. – М. : МАПИ, 1998. – 134 с.
8. Компьютерные тренажеры для нефтехимии и нефтепереработки: опыт внедрения на российском рынке / В. М. Дозорцев, Н. В. Шестаков // Приборы и системы управления. – 1998. – № 1. – С. 27 – 32.
9. Новое в образовании. / В. В. Алексеев, Ю. А. Губсков, А. В. Зайцев, С. В. Канушкин. // Армейский сборник. – 2024. – № 12. – С. 30 – 33.

References

1. Development of an algorithm for the military-economic feasibility of weapons systems. / V. V. Alekseev, Yu. A. Gubskov, A. A. Gusev, A.V. Zaitsev. / Military security of Russia: historical experience and a look into the future. 9th International Scientific and

Practical Conference of the Scientific Department No. 10 of the Russian Academy of Rocket and Artillery Sciences. – 2024.

2. Directive of the Civil Code of the Strategic Missile Forces of 1999 No. Dr-05 "On the introduction of methodological guidelines for the commissioning of university graduates, officers drafted from the reserve and transferred from other types of the Armed Forces of the Russian Federation."

3. Signaevsky, V. A. Methods for evaluating the performance of computing systems. / V. A. Signaevsky, Ya. A. Kogan. – M. : Nauka, 1991. 256 p.

4. Scientific research work "Amurets BP": Final report. / A. V. Zaitsev, O. V. Romanov, V. V. Semenov, A. Y. Alekseev. – Inv.No. 72/NIO. Serpukhov : SVI RV, 2001.

5. Scientific and technical research report "Research on the problems of improving the efficiency of managing the daily activities of formations, military units and units of the Strategic Missile Forces", Code "Amur-2001". – M. : VA Strategic Missile Forces named after Peter the Great. – 2001. – 175 p.

6. Computer information processing technologies: a textbook. / Nazarov, S. V. [and others]. Moscow : Finance and Statistics, 1995. 248 p.

7. Paukov, A. Y. Software for multimedia technology elements in automated learning systems: dissertation for the title of Candidate of Technical Sciences / A. Y. Paukov, Moscow Academy of Instrument Engineering and Computer Science. Moscow : MAPI, 1998. 134 p.

8. Computer simulators for petrochemistry and oil refining: the experience of implementation in the Russian market. / V. M. Dozortsev, N. V. Shestakov. // Instruments and control systems. – 1998. – No. 1. – pp. 27-32.

9. New in education. / V. V. Alekseev, Yu. A. Gubskov, A. V. Zaitsev, S. V. Kanushkin. // Army collection. – 2024. – No. 12. – pp. 30-33.

УДК 623.62

В. В. Алексеев¹, Г. А. Лахно²

(¹Тамбовский государственный технический университет»,
Кафедра Информационные системы и защита информации,
г. Тамбов, Россия

²Межвидовой центр подготовки и боевого применения
войск радиоэлектронной борьбы (учебный и испытательный),
г. Тамбов, Россия)

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СРЕДСТВ РЭБ

Аннотация. На основе опыта эксплуатации и применения средств РЭБ, анализа методов поиска отказов и неисправностей в них, исследования существующих моделей и методов оценки надежности, обоснованы перспективы развития автома-

тизированных систем технической эксплуатации средств РЭБ. Показаны основные направления развития автоматизированных систем технической эксплуатации средств РЭБ. Представлена математическая модель оценки надежности элементов средств РЭБ в процессе их эксплуатации для оптимизации периодичности проведения ТО.

Ключевые слова: автоматизированная система, техническая эксплуатация, средства РЭБ, модель, состояние, оценка, эффективность.

V. V. Alekseev¹, G. A. Lakhno²

(¹Tambov State Technical University,

Department of Information Systems and Information Protection,

Tambov, Russia

²Specific Training and Combat Use Center

Electronic Warfare Troops (training and testing),

Tambov, Russia)

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF AUTOMATED SYSTEMS FOR THE TECHNICAL OPERATION OF ELECTRONIC WARFARE EQUIPMENT

Abstract. Based on the experience of operation and use of electronic warfare equipment, analysis of methods for finding failures and malfunctions in them, research of existing models and methods for assessing reliability, the prospects for the development of automated systems for the technical operation of electronic warfare equipment are substantiated. The main directions of development of automated systems of technical operation of electronic warfare facilities are shown. A mathematical model for assessing the reliability of elements of electronic warfare equipment during their operation is presented to optimize the frequency of maintenance.

Keywords: automated system, technical operation, electronic warfare equipment, model, condition, assessment, efficiency.

Целью исследования, результаты которого представлены в данной статье являлось повышение надежности функционирования средств РЭБ на основе разработки моделей, алгоритмов оценки её эксплуатационной надежности и определения времени проведения мероприятий технического обслуживания (профилактических работ) на его элементах для автоматизированной системы технической эксплуатации средств РЭБ.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

Проведен анализ отказов и неисправностей средств РЭБ, существующих моделей и методов оценки их надежности.

Разрабатывается математическая модель оценки надежности элементов средств РЭБ в процессе эксплуатации для оптимизации периодичности проведения мероприятий технического обслуживания.

Разрабатывается математическая модель оценки надежности средства РЭБ в процессе эксплуатации.

Разрабатывается пакет программ для реализации моделей и оценки эффективности применения разработанных моделей.

Ниже представлены некоторые результаты проводимого исследования.

Известно, что качество функционирования средств РЭБ, как и любой организационно-технической системы является одним из важнейших факторов успешного выполнения задач по предназначению.

К определяющим качеством систем свойствам наиболее часто относят надёжность, экономичность и безопасность, а при определённых требованиях к организационной системе – также живучесть [1]. Соответственно, этими показателями целесообразно оценивать и качество средств РЭБ. т. е. $\mathcal{E}_{\text{срРЭБ}} = F(R_{\text{срРЭБ}}, E_{\text{срРЭБ}}, S_{\text{срРЭБ}}, OP_{\text{срРЭБ}})$, где $R_{\text{срРЭБ}}$ – надежность средства РЭБ, $E_{\text{срРЭБ}}$ – экономичность, $S_{\text{срРЭБ}}$ – безопасность, $OP_{\text{срРЭБ}}$ – другие параметры. Надежность средства РЭБ ($R_{\text{срРЭБ}}$), в свою очередь, определяется надежностью ее элементов, качеством и своевременностью проведения мероприятий технического обслуживания.

При исследовании было предложено учитывать эксплуатационную однородность элементов средств РЭБ. Авторы считают, что такой подход позволит точнее определять ухудшение качества функционирования элемента средства РЭБ и оптимальное время проведения технического обслуживания на его элементах.

Одним из промежуточных результатов исследования является алгоритм принятия решения о применении наиболее адекватной модели оценки надежности элементов, схема которого представлена на рис. 1.

На рисунке 1 обозначено: $D = \{(t_i, y_i)\}$ – реальные данные об отказах; y_i – число обнаруженных и устраненных ошибок в интервал времени $[t_1, t_i)$; y_{d^*} – прогнозируемое значение количеством отказов накоплением в момент времени t_z , $0 < z_0 < z$; d – объем выборки данных.

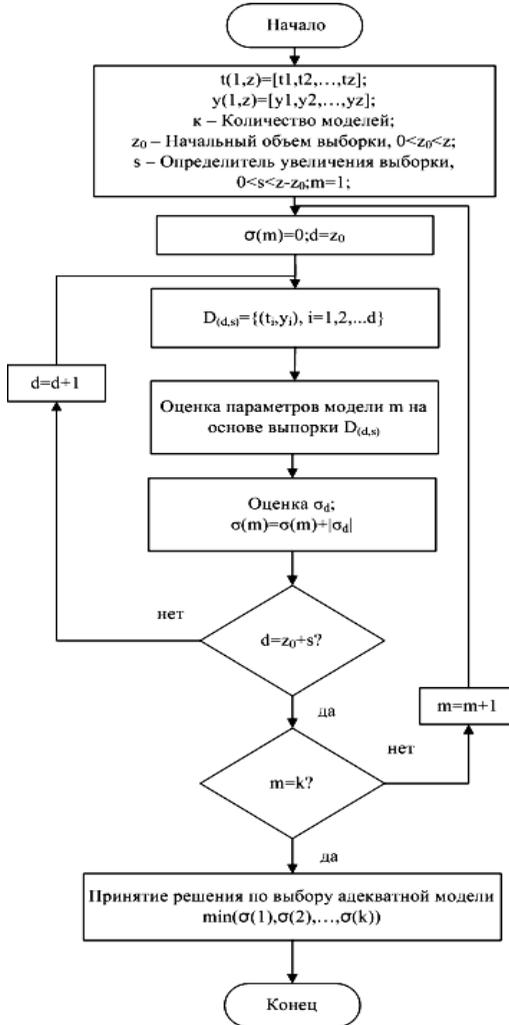


Рис. 1. Схема алгоритма принятия решения о применении наиболее адекватной модели оценки надежности элементов

t_i – моменты времени, отчитываемые с момента начала эксплуатации средства РЭБ; $M = \{m_1, m_2, \dots, m_k\}$, – множество сравниваемых моделей оценки надежности; k – количество моделей; $\sigma(j)$ – сумма отклонений индекса модели:

$$\sigma(j) = \sum_{d=z_1}^{z_1+s} |\sigma_d|;$$

σ_d – относительное отклонение от требуемого значения точности оценки:

$$\sigma_d = \frac{(y_d^* - y_z)}{y_z};$$

y_d^* – прогнозируемое значение количеством отказов накоплением в момент времени t_z , $0 < z_0 < z$, d – объем выборки данных.

Критерий сравнения моделей σ_d – относительное отклонение от требуемого значения точности оценки.

Адекватная модель – это модель j , соответствующая значению $\sigma^*(j)$, удовлетворяющему следующему условию:

$$\sigma^*(j) = \min(\sigma(1), \sigma(2), \dots, \sigma(k)).$$

Применение представленного алгоритма обеспечивает повышению достоверности результатов моделирования показателей надежности элементов средств РЭБ поскольку для каждой группы исходных данных существует возможность выбора адекватной модели обработки.

Дальнейшее исследование направлены на построение и исследование математических моделей оценки надежности элементов средств РЭБ в процессе эксплуатации, оценки надежности средства РЭБ в процессе эксплуатации и имитационной модели для расчета коэффициента оперативной готовности как элементов, так и средства РЭБ.

Список использованных источников

1. Шубинский, И. Б. Функциональная надежность информационных систем. Методы анализа / И. Б. Шубинский. – Ульяновск: Областная типография «Печатный двор», 2012. – 296 с.
2. Райншке, К. Оценка надежности систем с использованием графов / К. Райншке, И. А. Ушаков. – М. : Радио и связь, 1988. – 208 с.

References

1. Shubinsky, I. B. Functional reliability of information systems.. Methods of analysis / I. B. Shubinsky. Ulyanovsk: Regional printing House "Pечатny Dvor", 2012. 296 p.
2. Reinschke, K. Evaluation of the reliability of systems using graphs / K. Reinschke, I. A. Ushakov. – M. : Radio and Communications, 1988. – 208 p.

С. А. Бороздин
(Южный федеральный университет,
г. Таганрог, Россия)

СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ВОЕННОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ В ЮЖНОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Аннотация. Статья посвящена становлению и развитию процесса военной подготовки специалистов радиоэлектронной борьбы (РЭБ) в Южном федеральном университете (ЮФУ). Рассматривается исторический путь формирования системы военного обучения в университете, начиная с 1926 года, когда началась высшая допризывная подготовка, вплоть до современного этапа подготовки военных кадров в рамках Военного учебного центра. Основное внимание уделено деятельности кафедры радиоэлектронной борьбы, созданной в 2019 году, которая проводит подготовку как офицеров запаса, так и кадровых офицеров для нужд армии. Описаны этапы отбора, особенности учебной программы, практические занятия, взаимодействие с воинскими частями и итоги выпуска первых специалистов в области РЭБ. Отмечается важность научного сотрудничества кафедры с научными организациями и перспективы её дальнейшего развития.

Ключевые слова: Южный федеральный университет, военное обучение, специалисты радиоэлектронной борьбы, военная подготовка.

S. A. Borozdin
(Southern Federal University,
Taganrog, Russia)

FORMATION AND DEVELOPMENT OF MILITARY TRAINING OF ELECTRONIC WARFARE SPECIALISTS AT THE SOUTHERN FEDERAL UNIVERSITY

Annotation. The article examines the historical development of image processing methods for military purposes and modern technologies used for the needs of electronic warfare. As a solution to one of the urgent problems, a new algorithm for combining images in the optical and infrared ranges is proposed, this makes it possible to improve the quality and information content of intelligence data. The steps of the algorithm are described, including image filtering, SIFT search for key points, image matching, and other procedures aimed at eliminating the disadvantages of traditional processing methods.

Keywords: military intelligence, image processing, unmanned aerial vehicle (UAV), image aggregation.

Прежде чем перейти к основной части хотелось бы сказать несколько слов о г. Таганроге и Южном федеральном университете.

Таганрог основан в 1698 году Петром I. Город стал первым российским портом на открытом морском побережье, первым городом, построенным согласно регулярному плану и первой военной-морской базой в Российской империи. Таганрог – это родина многих талантливых людей таких как Антон Павлович Чехов, Фаина Георгиевна Раневская и многих других. Численность населения города составляет около 250 тысяч человек.



Рис. 1. Город Таганрог

В настоящее время Таганрог – это важнейший научный и промышленный центр на Юге России, выпускающий в том числе и оборонную продукцию.

Знаменитые самолеты Бе-200, самолёты дальнего радиолокационного обнаружения А-50, многофункциональные автоматизированные радиоэлектронные комплексы для оснащения надводных кораблей и гидроакустическое вооружение в интересах Военно-морского флота, составляют основной перечень оборонной продукции, выпускаемой в Таганроге.

Южный федеральный университет – крупнейший научно-образовательный центр Юга России. Он расположен в городах Ростове-на-Дону, Таганроге и Азове. В настоящее время Южный федеральный университет насчитывает около 25 000 студентов и 2600 работников.

История военного обучения в университете начинается с сентября 1926 г., в это время была начата высшая допризывная военная подготовка.

В 1934 году была сформирована военная кафедра, а в 1998 году она преобразована в факультет военного обучения.

В 2009 году при университете дополнительно создается учебный военный центр, на который возложена задача по подготовке кадровых офицеров.

В 2019 году проведена оптимизация военной подготовки путем слияния Учебного военного центра и Факультета военного обучения в единую структуру – Военный учебный центр.

В настоящее время Военный учебный центр имеет в своем составе 7 кафедр, готовит специалистов для 6 центральных органов военного управления и размещается так же как и университет в двух локациях (Ростов-на-Дону и Таганрог). Численность переменного состава более одной тысячи человек.

История подготовки специалистов радиоэлектронной борьбы в Южном федеральном университете начинается с 2008 года, когда Военно-Морская кафедра была реформирована в кафедру Военно-Воздушных сил и радиоэлектронной борьбы, где осуществлялась подготовка офицеров запаса.

В 2015 году, в соответствии с решением начальника войск радиоэлектронной борьбы Вооруженных сил Российской Федерации в отделе связи учебного военного центра открылась подготовка офицеров кадра для войск радиоэлектронной борьбы, а в 2017 году был создан отдельный цикл РЭБ.

В декабре 2019 года сформирована уже кафедра радиоэлектронной борьбы, которая реализует программы военной подготовки, как офицеров запаса, так и кадровых офицеров.

В настоящее время на кафедре РЭБ проходят обучение 175 человек, и она реализует 3 программы военной подготовки, из них: одна программа – для прохождения военной службы по контракту на воинских должностях, подлежащих замещению офицерами, после получения высшего образования – то есть подготовка офицеров кадра (ВУС 141001), две программы – для подготовки офицеров запаса (ВУС 141001 и ВУС 141002).

Более подробно необходимо остановиться на подготовке кадровых офицеров, потому что кафедра радиоэлектронной борьбы военного учебного центра при Южном федеральном университете является первым и до прошлого года была единственным структурным подразделением, которое осуществляло подготовку кадровых специалистов для войск радиоэлектронной борьбы в условиях гражданского вуза.



Рис. 2. История военного обучения в ЮФУ

Отбор граждан, изъявивших желание в процессе освоения образовательной программы высшего образования пройти обучение по программе подготовки офицеров кадра в военном учебном центре, начинается в год поступления в апреле месяце военными комиссариатами по месту воинского учета и включает медицинское освидетельствование и профессиональный психологический отбор. Оценка физической подготовленности проводится в военном учебном центре в соответствии с нормативами, установленными для кандидатов, поступающих в военные образовательные организации высшего образования.

Подготовка офицеров кадра осуществляется 5 (5,5) лет (в зависимости от основной образовательной программы) с момента поступления в университет до его окончания методом «Военного дня» (один день в неделю полностью выделяется на военную подготовку). Она проходит в несколько этапов: освоение общевоенных дисциплин, освоение специальных дисциплин, проведение практик и итоговая аттестация.

Структура изучаемых дисциплин логически связана и опирается на знания, полученные обучающимися при освоении основной образовательной программы по специальностям (направлениям подготовки): 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» или 11.05.02 «Специальные радиотехнические системы».

По окончании четвёртого семестра обучения в целях приобретения выпускниками опыта в исполнении обязанностей солдата (сержанта) проводится учебный сбор в одной из воинских частей Южного военного округа.

Большая часть практических занятий проводятся на базе бригады радиоэлектронной борьбы Южного военного округа совместно со штатными экипажами станций помех и пунктов управления. Интенсивная подготовка курсантов военного учебного центра в воинских частях позволяет не только оптимизировать учебный процесс, но имеет и большое воспитательное значение – курсанты одновременно с изучением современных образцов военной техники знакомятся с аспектами военной службы, с организацией хранения и эксплуатации ВВСТ, элементами боевой подготовки и бытовыми условиями в воинских частях. Будущие офицеры перенимают в том числе и боевой опыт у офицеров, прапорщиков, сержантов и солдат.

На завершающем этапе военной подготовки в целях приобретения выпускниками опыта в исполнении обязанностей по должностному предназначению проводится стажировка в соединениях и воинских частях радиоэлектронной борьбы. Особое внимание в программе стажировки уделяется формированию навыков исполнения функциональных обязанностей по должностному предназначению, выполнению учебно-боевых задач, практическому обучению в войсковых условиях. Итоговая аттестация по военной подготовке проводится в форме итогового междисциплинарного экзамена.

В марте 2021 года состоялся первый выпуск офицеров – специалистов радиоэлектронной борьбы, это был первый опыт подготовки кадровых офицеров РЭБ при гражданском вузе, который найдёт своё отражение в истории. В период с 2021 года по 2024 год кафедрой РЭБ по программе кадра подготовлено 43 лейтенанта. 100% выпускников были назначены на должности по специальностям РЭБ и на сегодняшний день все продолжают служить в ВС РФ и принимают участие в СВО, за исключением героически погибших Андрея Алексеевича Бочкова и Владислава Евгеньевича Белова.



Рис. 3. График выпусков специалистов РЭБ с 2021 года

Основное отличие программы подготовки офицеров запаса от подготовки офицеров кадра заключается во времени обучения, его длительность 2,5 года для бакалавриата и 2 года для магистратуры. Обучение также логически разделено на несколько этапов.

Начиная с 2008 года, в Южном федеральном университете подготовлено более 600 офицеров – специалистов радиоэлектронной борьбы для мобилизационного резерва страны.

Научно-педагогический коллектив кафедры принимает активное участие в совместных научно-исследовательских работах с научно-исследовательским институтом робототехники и процессов управления в НИР «Защитник-19» по заказу Министерства обороны, и НИР «Маркер» по заказу Фонда перспективных исследований, а также осуществляет консультативную работу в Целевой поисковой лаборатории прорывных интеллектуальных технологий группового управления робототехнических комплексов.

В заключение хотелось бы отметить, несмотря на то что кафедра радиоэлектронной борьбы Военного учебного центра при Южном Федеральном университете является относительно молодой, она способна выполнять задачи по подготовке специалистов радиоэлектронной борьбы, формированию необходимых компетенций выпускника; и что немаловажно есть возможность дальнейшего развития учебно-материальной базы по линии Южного федерального университета и Министерства обороны Российской Федерации.

Участие в совместных научно-исследовательских работах с подразделениями ЮФУ	
	НИР «Защитник-19» по заказу Министерства обороны Российской Федерации
	НИР «Маркер» по заказу Фонда перспективных исследований (в интересах ФПИ)
 НИИ РИПУ ЮФУ	Консультативная работа в Целевой поисковой лаборатории прорывных интеллектуальных технологий группового управления РТК по заказу Фонда перспективных исследований (в части разработки сценариев применения перспективных ВВСТ, включая РТК с модулями РЭБ)

Рис. 4. Участие кафедры РЭБ в НИР

А. Д. Анисимов, А. А. Брюханов, В. В. Шатских
(Межвидовой центр подготовки и боевого применения
войск радиоэлектронной борьбы (учебный и испытательный),
г. Тамбов, Россия)

РАДИОЭЛЕКТРОННАЯ БОРЬБА: ЭВОЛЮЦИЯ, РОЛЬ В СОВРЕМЕННЫХ КОНФЛИКТАХ И РАЗВИТИЕ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНЫХ СРЕДСТВ

Аннотация. Целью работы является проанализировать ключевые этапы формирования и развития радиоэлектронной борьбы. В работе рассмотрены влияние РЭБ на тактику и стратегию современных конфликтов: от нейтрализации БПЛА до дезориентации систем связи и ПВО противника. Отдельное внимание уделено эволюции учебно-тренировочных средств – от статических макетов и аналоговых тренажёров до высокодетализированных виртуальных симуляторов, облачных платформ.

Ключевые слова: радиоэлектронная борьба (РЭБ), электромагнитный спектр, радиоэлектронное подавление, радиоэлектронная защита, радиоэлектронная разведка, учебно-тренировочные средства (УТС), виртуальные тренажёры.

A. D. Anisimov, A. A. Bryukhanov, V. V. Shatskikh
(Specific Training and Combat Use Center
Electronic Warfare Troops (training and testing),
Tambov, Russia)

ELECTRONIC WARFARE: EVOLUTION, ROLE IN MODERN CONFLICTS AND DEVELOPMENT EDUCATIONAL AND TRAINING FACILITIES

Abstract. The purpose of the work is to analyze the key stages of the formation and development of electronic warfare. The paper examines the influence of electronic warfare on the tactics and strategy of modern conflicts: from the neutralization of UAVs to the disorientation of enemy communications and air defense systems. Special attention is paid to the evolution of educational and training tools, from static mockups and analog simulators to highly detailed virtual simulators and cloud platforms.

Keywords: electronic warfare (EW), electromagnetic spectrum, electronic suppression, electronic protection, electronic intelligence, training equipment (TCB), virtual simulators.

Введение. Радиоэлектронная борьба (РЭБ) – это комплекс мер по управлению электромагнитным спектром, включающий подавление, разведку, защиту и манипулирование сигналами, от которых зависят системы связи, навигации, управления и разведки. С момента первых экспериментов по перехвату радиосообщений в годы Первой мировой войны РЭБ превратилась из вспомогательного средства в самостоятельное стратегическое направление, способное влиять на исход вооружённых столкновений без применения классического оружия. В настоящее время техника, поставляемая в военные части, с каждым годом становится все сложнее, и для овладения ею требуется все больше времени. С увеличением количества времени, требуемого на обучение использованию техники, появляется проблема доступности средств, на которых проводится обучение. Для проведения тренажной подготовки необходимо не только довести теоретическое сведения до обучаемого, но и на практике закрепить эти знания. В то же время, если теория будет доводиться только в аудиториях без натурального образца, где оператор сможет одновременно с теоретическими сведениями, опирающимися на абстрактное понимание обучаемого о местоположении рычагов управления и работу с ними, лично все увидеть, особого прогресса в обучении не возникнет.

С развитием РЭБ, стало необходимо усовершенствовать процесс подготовки специалистов, поэтому стали разрабатывать учебно-тренировочные средства. Учебно-тренировочные средства являются неотъемлемой частью современного процесса подготовки специалистов по применению и эксплуатации ССН. Они играют ключевую роль в освоении сложных алгоритмов и принципов работы различных систем, способствуя формированию профессионально значимых компетенций [1].

До 1940-х гг появились первые попытки радиоэлектронной разведки и постановки помех базировались на примитивных средствах – радиоперехватчиках и ручных подавителях. Отсутствие специализированной аппаратуры делало эти методы малоэффективными. Во время второй мировой войны появились станции радиоперехвата, активные (глушилки) и пассивные (отражатели, двойные сигналы) помехи, ложные радиопередачи. Закладывались основы РЭР (радиоэлектронной разведки) и РЭП (радиоэлектронного подавления).

В современном мире цифровизация, автоматизация, искусственный интеллект и кибероперации расширили функционал РЭБ. Сегодня это сложные программно-аппаратные системы, способные в реальном времени выявлять, анализировать и подавлять радиоэлектронные сигналы противника, а также защищать собственные.

Влияние РЭБ в современных конфликтах. Современные примеры (Украина, Сирия и другие горячие точки) демонстрируют, что [2]:

- подавление БПЛА, глушение каналов управления и GPS-навигации делает беспилотники бесполезными;
- нарушение связи, блокировка и фальсификация радиоканалов парализует координацию войск и передачу разведанных;
- защита своих объектов РЭЗ прикрывает важные пункты и технику от вражеских радаров и ракетных систем;
- дезинформация и ложные цели, такие как создание фантомных сигналов сбивает с толку системы ПВО и разведки.

Таким образом, РЭБ стала фактором, влияющим как на тактику отдельных операций, так и на стратегическое управление войсками, зачастую определяя результат борьбы ещё до применения огневых средств.

Эволюция учебно-тренировочных средств. Учебно-тренировочные средства призваны обеспечить качественную подготовку личного состава и операторов сложных систем, минимизируя затраты на технику и снижая риски. УТС позволяет снизить нагрузку на преподавателей, исключить травмоопасность, снизить износ реального изделия. Также УТС позволяет качественно построить процесс обучения операторов в сложной радиоэлектронной обстановке.

1. Эволюция УТС

Год	Назначение
До 1960-х гг	Лекции, наглядные пособия, макеты и стенды. Практика – прямо на боевой технике. Ограниченный реализм и высокие затраты.
1960-1980-е гг.	Появление механико-электронных и аналоговых тренажёров: функциональные макеты приборов, тренажёрные кабины. Более высокий уровень имитации, но большая громоздкость и сложность обновления.
1990–2000-е гг.	Компьютерные симуляторы и программные тренажёры. Моделирование различных сценариев боевой обстановки, отказов и помех. Появление автоматизированных обучающих систем (АОС), интерактивных тестов.
XXI век	Интеграция VR/AR, облачных платформ, цифровых двойников техники. Появились адаптивные ИИ-модули, автоматически подстраивающие сложность задач под уровень обучаемого, и централизованные онлайн-решения для удалённого обучения.

Структура современных УТС. Аппаратная часть: эргономичные кабины и панели, носимые устройства, имитирующие органы управления реальных систем. Программное обеспечение: симуляционные ядра, обучающие интерфейсы, модули сбора и анализа учебных данных. Методическая база: сценарии по уровням сложности, методики оценки навыков, адаптивные учебные планы.

Ключевой фактор эффективности тренажёров – степень детализации симуляции.

Низкий уровень, простейшая анимация и демонстрации отдельных функций (включение, базовые индикации). Используется при теоретическом вводе.

Средний уровень, частичная имитация интерфейсов, базовой логики и внешнего поведения системы. Позволяет отрабатывать стандартные процедуры (настройка частот, смена режимов). Широко применяется для массовой подготовки.

Высокий уровень, полное 3D-моделирование кабин, панелей и органов управления; точная математическая модель функциональных характеристик (мощность, радиус действия, динамика отказов); эмуляция электромагнитной, метео и киберобстановки; сценарии с аварийными режимами и координацией в составе подразделений. Используется для подготовки командиров и сертификации специалистов [3].

Рассмотрим развитие детализации прорисовки АФС для станции помех Красуха С-4 (рис. 1).



Рис. 1. Детализация АФС 2020 г.

На рисунке видно, что некоторые детали не прорисованы досконально, а в частности малое ухо. С развитием технологий и навыкам полученными операторами в ходе детализации элементов, удалось добиться успехов в прорисовке текстур (рис. 2).



Рис. 2. Детализация АФС 2025 г.

За пять лет работы разработанные текстуры стали более детализованные и полностью соответствуют изделию реальной технике.

Разработанное учебно-тренировочное средство ускоряет процесс подготовки специалистов в области радиоэлектронной борьбы (РЭБ), формируя у них практические навыки и знания, необходимые для уверенного и эффективного выполнения задач при работе с соответствующей техникой.

Использование УТС в процессе обучения операторов позволяет наглядно ознакомиться с ключевыми компонентами станции и изучить работу различных её систем. Интерактивный формат способствует активному вовлечению специалистов в учебный процесс, обеспечивает высокий уровень индивидуального подхода и позволяет выстраивать обучение с учетом возможностей каждого оператора.

Кроме того, УТС задаёт чёткую структуру действий, что имеет важное значение в организационном аспекте подготовки.

Плюсы высокой детализации: реалистичность тренировок, стресс-тестирование в условиях отказов, снижение ошибок при переводе навыков в полевую обстановку.

Минусы: высокие требования к аппаратным ресурсам, значительные затраты на разработку и поддержку, необходимость постоянного обновления моделей под новую технику и меняющиеся тактики [4].

Заключение. РЭБ прошла путь от примитивных попыток глушения до сложных цифровых и кибернетических систем, определяющих результаты современных конфликтов. Параллельно развивались учебно-тренировочные средства: от наглядных пособий до высокодетализированных виртуальных тренажеров с ИИ-модулями. Интеграция передовых технологий и моделирующих методов в подготовку операторов открывает новые перспективы как для студентов, так и для преподавателей. Это создает благоприятные условия для углубленного изучения дисциплин и качественной профессиональной подготовки. В условиях роста значимости информационно-электронного противоборства инвестиции в качественную детализацию моделей и новые технологии обучения становятся залогом оперативной готовности, эффективности и безопасности личного состава [5].

Список использованных источников

1. Вычислительные аспекты имитационного моделирования / Д. Гордон // Исследование операций. – 1981. – С. 655 – 679.
2. Определение информационно-управляющих воздействий в системах с использованием качественной информации / Д. Льюнг Хак, Ю. В. Минин, О. Г. Иванова, В. В. Алексеев. // Современные информационные технологии. – 2013. – № 17 – С.117 – 121.
3. Крассовский, А. А. Математическое моделирование и компьютерные системы обучения и тренажа. / А. А. Крассовский – М. : Изд-во ВВИА им. Жуковского, 1989. – 255 с.
4. . Шукшунов, В. Е. Интеллектуальные тренажерные комплексы и тренажеры: технологии разработки и опыт эксплуатации / В. Е. Шукшунов, Г. В. Безруков, А. Г. Душенко, Е. И. Жук, Н. Е. Зубов, А. М. Макаров, Б. А. Наумов, С. И. Потоцкий, В. В. Фоменко, В. В. Циблев. М. : Монография, 2015. – 465 с.
5. Информационная технология построения мультимедийных учебно-тренировочных средств для подготовки операторов систем специального назначения / А. С. Аксенов, В. В. Алексеев, В. В. Вагин, Ю. А. Власов, С. Б. Краухин, Н. В. Залозный. // Труды международного симпозиума "Надежность и качество". – 2020. – Т. 1. – С. 216 – 219.
6. Советов, Б. Я. Интеллектуальные системы и технологи. учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / Б. Я. Советов, В. В. Цехановский, В. Д. Чертовской. – М. : Издательский центр «Академия», 2013. – 320 с.

References

1. Computational aspects of simulation modeling / D. Gordon // Operations Research. – 1981. – pp. 655-679.
2. Determination of information and control effects in systems using qualitative information / D. Luong Hak, Yu. V. Minin, O. G. Ivanova, V. V. Alekseev. // Modern information technologies. – 2013. – No. 17 – pp.117-121.
3. Krassovsky, A. A. Mathematical modeling and computer systems of training and coaching. / A. A. Krassovsky – M. : Publishing House of the VVIA named after Zhukovsky, 1989. 255 p.
4. . Shukshunov, V. E. Intelligent training complexes and simulators: development technologies and operational experience / V. E. Shukshunov, G. V. Bezrukov, A. G. Dushenko, E. I. Zhuk, N. E. Zubov, A.M. Makarov, B. A. Naumov, S. I. Pototsky, V. V. Fomenko, V. V. Tsibliyev. Moscow : Monograph, 2015. – 465 p.
5. Information technology for building multimedia educational and training tools for training operators of special-purpose systems / A. S. Aksenov, V. V. Alekseev, V. V. Vagin, Yu. A. Vlasov, S. B. Krayukhin, N. V. Zalozny. // Proceedings of the International Symposium "Reliability and Quality". – 2020. – Vol. 1. – pp. 216-219.
6. Soviets, B. Ya. Intelligent systems and technologies. a textbook for students. institutions of higher Prof. education / B. Ya. Soviets, V. V. Tsekhanovsky, V. D. Chertovskoi. – M. : Publishing center "Academy", 2013. 320 p.

УДК 632.624

В. В. Гусев, Н. И. Залетов, Д. М. Овчинников, В. Р. Попенко
(Межвидовой центр подготовки и боевого применения
войск радиоэлектронной борьбы (учебный и испытательный),
г. Тамбов, Россия)

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ

Аннотация. Рассматривается исторический контекст изобретения и усовершенствования средств радиоэлектронной борьбы (РЭБ), а также краткая сводка о современных системах радиоэлектронной борьбы и предполагаемый путь её дальнейшего развития.

Ключевые слова: средства РЭБ, Первая мировая война, радиосигналы, методы ведения РЭБ, кибератака.

V. V. Gusev, N. I. Zaletov, D. M. Ovchinnikov, V. R. Popenko
(Specific Training and Combat Use Center
Electronic Warfare Troops (training and testing),
Tambov, Russia))

THE HISTORY OF THE CREATION AND DEVELOPMENT OF ELECTRONIC WARFARE TECHNOLOGY

Abstract. The historical context of the invention and improvement of electronic warfare (EW) is considered, as well as a brief summary of modern electronic warfare systems and the proposed path of its further development.

Keywords: electronic warfare, World War I, radio signals, electronic warfare methods, cyberattack.

Начиная с XX века передача информации при помощи радиоволн приобрела массовый характер, в том числе при ведении боевых действий, что сделало разработку средств для радиоразведки и радиоподавления необходимою для более быстрой и безопасной передачи информации, а также для эффективного перехвата вражеских сообщений.

В конце XIX века Гульельмо Маркони и другие ученые начали экспериментировать с радиосигналами. Первые радиопередатчики использовали искровую передачу, что ограничивало дальность и качество связи.

С началом Первой мировой войны военные начали осознавать важность радиосвязи для координации действий. Первые системы РЭБ появились в ответ на необходимость защиты от вражеской радиосвязи и обеспечения безопасности собственных коммуникаций. Использование простых методов помех, таких как создание шумов или использование ложных сигналов, стало основой для дальнейшего развития РЭБ.

Во вторая мировой войне началось активное использование средств РЭБ, которые приобрели стратегическое значение. Например, британская система "Chaff" использовала металлические полоски для создания ложных радарных отражений, что помогало защитить самолеты от вражеских радаров. Перехват вражеских сообщений стало обычной практикой. В то же время активно разрабатывались технологии радиопомех и перехвата сигналов: Системы активного подавления (ECM) начали использоваться для создания помех на частотах, используемых противником. Разведывательные системы (ESM) стали активно использоваться для перехвата и анализа вражеских радиосигналов.

Примеры использующихся в то время систем:

– "LORAN": Система навигации, которая также использовала методы РЭБ для защиты от вражеских помех;

– "H2S" и "Обое": Британские радарные системы, которые использовали методы подавления для защиты от вражеских радаров.

В период Холодной войны технологии РЭБ значительно развились. Появились более сложные системы, способные не только подавлять сигналы, но и осуществлять их перехват и анализ. Разработка спутниковых систем связи также повлияла на методы ведения радиоэлектронной борьбы. Спутники стали использоваться для мониторинга электромагнитного спектра и сбора разведывательной информации. Например, появились системы SIGINT (сигнал-разведка), которые могли перехватывать сигналы с больших расстояний.

Примеры систем:

– AN/ALQ-99: Американская система РЭБ, используемая на самолетах EA-6B Prowler для подавления вражеских радаров и связи;

– Красуха: Российская система РЭБ, предназначенная для подавления средств разведки противника.

С переходом к цифровым системам связи в конце XX века возникли новые возможности для РЭБ. Цифровые сигналы легче анализировать и обрабатывать. Разработка программного обеспечения для автоматического анализа электромагнитной обстановки позволила значительно повысить эффективность систем РЭБ. Системы РЭБ начали интегрироваться с другими военными технологиями, такими как системы управления боем (C2) и разведывательные платформы (например, беспилотники).

Современные системы РЭБ используют передовые технологии, такие как искусственный интеллект, машинное обучение и большие данные для анализа электромагнитной обстановки. Это позволяет не только эффективно подавлять вражеские сигналы, но и предсказывать действия противника. Современные системы РЭБ используют искусственный интеллект для анализа больших объемов данных. Это позволяет быстро выявлять угрозы и адаптироваться к изменяющимся условиям боя. Современные конфликты требуют от систем РЭБ способности работать в условиях многоканальной среды с множеством источников сигналов. Учитывая рост угроз со стороны киберпространства, системы РЭБ теперь также включают элементы защиты от кибератак. Это включает защиту сетей связи от вмешательства и шифрование данных.

Примеры современных систем РЭБ:

– EA-18G Growler: Американский самолет радиоэлектронной борьбы, который оснащен современными системами подавления сигналов противника и может выполнять задачи по защите своих сил.

– Р330-Ж "Житель": Российская система радиоэлектронной борьбы нового поколения, предназначенная для подавления средств разведки противника на различных частотах до 12 радиочастот одновременно.

– SPECTRA (Франция): Многофункциональная система защиты самолетов от ракетных угроз с использованием активных помех и других методов защиты.

С развитием технологий 5G и интернета вещей (IoT) появляются новые вызовы для систем РЭБ. Эти технологии создают более сложные сети связи, которые могут быть уязвимыми для атак, поэтому можно ожидать дальнейшего совершенствования систем РЭБ. В условиях гибридных конфликтов важность РЭБ возрастает, так как она становится частью комплексной стратегии ведения войны, включающей как традиционные военные действия, так и кибератаки. Ожидается дальнейшее развитие концепций активной защиты, где системы РЭБ будут не только подавлять и заменять сигналы противника, но и защищать собственные коммуникации от вмешательства.

Таким образом, техника радиоэлектронной борьбы прошла значительный путь развития от простых методов до сложных интегрированных систем, способных эффективно действовать в современных условиях боевых действий. Она продолжает эволюционировать в ответ на новые вызовы технологического прогресса и изменения в характере военных конфликтов.

Список использованных источников

1. Учебно-методическое пособие по технической подготовке. – Тамбов. – 2017.
2. Катаранов, Б. А. Электроника: пособие к практическим занятиям / Б. А. Катаранов, А. В. Палаженко, Н. Л. Сиротинский – Серпухов, 2000. – 100 с.
3. Памятка оператору автоматизированной станции помех Р-330Ж.
4. Тютюнник, В. М. Интеллектуальные информационные системы / В. М. Тютюнник, А. Д. Дубровин – Тамбов : МИНЦ "Нобелистика", 2012. – 356 с.

References

1. Educational and methodical manual on technical training. – Tambov. – 2017.
2. Kataranov, B. A. Electronics: a manual for practical exercises / B. A. Kataranov, A.V. Palazhenko, N. L. Sirotinsky – Serpukhov, 2000. – 100 p.
3. Memo to the operator of the automated interference station R-330ZH.
4. Tyutyunnik, V. M. Intelligent information systems / V. M. Tyutyunnik, A. D. Dubrovin – Tambov : MINTS "Nobelistics", 2012. – 356 p.

Ю. Ю. Громов, А. С. Мартынов, А. С. Шабардин
(Межвидовой центр подготовки и боевого применения
войск радиоэлектронной борьбы (учебный и испытательный),
г. Тамбов, Россия)

ИСТОРИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ВОЕННЫХ ЦЕЛЯХ И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ

Аннотация. В статье рассматривается историческое развитие методов обработки изображений в военных целях и современные технологии, используемые для нужд радиоэлектронной борьбы. В качестве решения одной из актуальных проблем предлагается новый алгоритм комплексирования изображений в оптическом и инфракрасном диапазонах, позволяющий повысить качество и информативность разведанных. Описаны шаги алгоритма, включая фильтрацию изображений, поиск ключевых точек методом SIFT, совмещение изображений и другие процедуры, направленные на устранение недостатков традиционных методов обработки.

Ключевые слова: военная разведка, обработка изображений, беспилотный летательный аппарат (БПЛА), комплексирование изображений.

A. S. Martynov, A. S. Shabardin
(Specific Training and Combat Use Center
Electronic Warfare Troops (training and testing),
Tambov, Russia)

HISTORICAL DEVELOPMENT OF IMAGE PROCESSING METHODS FOR MILITARY PURPOSES AND CURRENT TRENDS

Abstract. The article examines the historical development of image processing methods for military purposes and modern technologies used for the needs of electronic warfare. As a solution to one of the urgent problems, a new algorithm for combining images in the optical and infrared ranges is proposed, which makes it possible to improve the quality and information content of intelligence data. The steps of the algorithm are described, including image filtering, SIFT search for key points, image matching, and other procedures aimed at eliminating the disadvantages of traditional processing methods.

Keywords: military intelligence, image processing, unmanned aerial vehicle (UAV), image aggregation.

Введение. Применение изображений в военной сфере берёт своё начало с момента зарождения аэрофотосъёмки в начале прошлого столетия. Ещё тогда военные аналитики оценили важность визуальной информации для успешной организации операций и сбора разведывательных данных. Первоначально обработка снимков производилась исключительно вручную, что серьёзно замедляло процесс анализа и снижало его точность. Со временем технический прогресс и развитие компьютерной техники позволили создать высокоэффективные автоматизированные системы обработки изображений, обеспечивающие быстрое решение сложных задач. В наши дни новейшие методики обработки визуальной информации открывают уникальные возможности для укрепления обороноспособности страны и повышения боеготовности её вооружённых сил.

Фотография и воздушная разведка. История использования изображений в военных операциях начинается с первой половины XX века. Во время Первой мировой войны авиация впервые применялась для воздушной съёмки территорий. Фотографии использовались для выявления позиций врага, обнаружения оборонительных сооружений и изучения маршрутов коммуникаций. Первоначальная обработка снимков осуществлялась специалистами-фотоинтерпретаторами, которые проводили тщательную оценку полученной информации вручную.

Фотографическая техника того периода была ограничена качеством изображений и возможностями фиксации деталей. Из-за несовершенства аппаратуры на обработанных материалах часто присутствовали размытые участки, неравномерность освещения и тени, затрудняющие интерпретацию объектов. Несмотря на это, метод фоторазведки стал одним из основных инструментов стратегического планирования, определяющим исход многих сражений.

Во Второй мировой войне использование воздушных съёмок достигло нового уровня благодаря совершенствованию авиатехники и появлению специализированных самолетов-разведчиков. Советские ВВС широко использовали самолеты типа У-2 и Пе-2 для выполнения фоторазведывательных заданий. Немецкая сторона также активно задействовала технику, такую как самолет Вф-110, специально оборудованную фотокамерами [1]. Получаемые материалы обрабатывались экспертами-фотоаналитиками, задачей которых было выявление замаскированных объектов, определение расположения живой силы и техники противника.

Важнейшим достижением того периода стало внедрение первого опыта автоматической оценки снимков, основанного на принципах элементарной оптики и увеличителей. Однако основной акцент оставался на анализе изображений человеческим глазом, так как компьютеры ещё не достигли необходимого уровня развития.

В послевоенные годы возникла необходимость автоматизировать процесс обработки фотоматериалов. К началу Холодной войны появилась потребность анализировать огромное количество разведывательных материалов. Конец 1950-х годов ознаменовался появлением космической фоторазведки. Запуск спутника-шпиона "Corona" в США положил начало новой эре в области мониторинга земной поверхности. Огромный объем информации, поступающей с орбитальных аппаратов, потребовал разработки специальных методик анализа. Так появились первые компьютеризированные системы, способные автоматически повышать разрешение изображений, восстанавливать потерянные детали и улучшать чёткость путём наложения фильтров.

Советская программа фоторазведки, представленная спутником серии "Зенит", также внесла значительный вклад в развитие данной отрасли [2]. Компьютерные технологии постепенно становились частью процесса обработки данных, помогая расшифровывать труднодоступные фрагменты и ускоряя получение итогового результата.

Эпоха цифровой обработки изображений. Переход от аналоговой к цифровой технике в конце XX века привёл к революционным изменениям в методах обработки изображений. Цифровые камеры и специализированные микросхемы сделали возможным автоматизацию множества операций, ранее выполняемых вручную. Алгоритмы обработки сигналов и обработки изображений получили широкое распространение в вооружённых силах стран мира. Важным прорывом стало внедрение алгоритмов автоматической сегментации изображений, позволяющих выделять контуры интересующих объектов среди фонового шума. Эти технологии позволяли существенно повысить точность разведки, сократить сроки подготовки разведывательных отчётов и снизить зависимость от человеческого фактора.

Начало XXI века характеризуется внедрением новых технологий, таких как многоспектральная съёмка, тепловизионные датчики и радиолокаторы. Наряду с развитием технических возможностей происходило активное развитие методов компьютерного зрения и машинного обучения,

направленных на автоматическое обнаружение целей, классификацию типов вооружений и идентификацию ключевых элементов инфраструктуры противника. Данные технологии активно применялись в системах управления ракетами, целеуказания авиации и артиллерийских расчётах.

Возникновение беспилотных авиационных комплексов (БПЛА).

Современные беспилотные летательные аппараты (БПЛА) предоставили военным новую возможность быстро и незаметно собирать информацию с больших расстояний. Оснащённые высококачественными камерами и сенсорами, БПЛА способны производить съёмку даже в сложных метеоусловиях и ночью. Данные передаются в центры управления в реальном времени, обеспечивая оперативность реакции командиров.

Цифровое оборудование, установленное на борту беспилотников, способно применять продвинутые методы обработки изображений прямо в полёте. Высокопроизводительные графические процессоры позволяют выполнять обработку информации на месте, исключая задержку передачи сигнала. Автоматические системы обработки позволяют оперативно фильтровать изображение, исключая посторонний шум, увеличивать детализацию удалённых объектов и определять тип цели даже в сложных погодных условиях. Алгоритмы глубинного обучения сделали возможным автоматизированное выделение подвижных целей, идентификацию типа транспорта и вооружения, а также прогнозирование траектории движения объектов. Подобные решения используются как для обнаружения техники противника, так и для защиты собственных сил от угрозы нападения.

Современные подходы и перспективы в развитии методов обработки изображений для нужд радиоэлектронной борьбы. Сегодняшний этап развития технологий обработки изображений характеризуется стремительным ростом вычислительной мощности компьютеров и внедрением передовых подходов машинного обучения и искусственного интеллекта. Такие изменения существенно влияют на эффективность использования изображений в рамках радиоэлектронной борьбы (РЭБ), особенно учитывая широкое распространение БПЛА и необходимость оперативного реагирования на угрозы.

Современная ситуация требует новых подходов к решению ряда ключевых задач. Во-первых, требуется повысить надёжность распознавания объектов. Одним из важнейших аспектов является точное выявление и классификация движущихся и стационарных объектов в условиях интен-

сивных внешних воздействий (помехи, неблагоприятные погодные условия, искусственное маскирование). Применение глубоких нейронных сетей позволяет достигать высоких показателей точности распознавания даже в сложных условиях эксплуатации.

Во-вторых, необходимо обеспечить устойчивое функционирование в условиях агрессивных радиоэлектронных помех. Современная система должна обладать способностью надежно функционировать в условиях мощного внешнего влияния. Решение этих задач лежит в плоскости внедрения адаптивных механизмов самообучения и стабилизации процессов обработки изображений.

Помимо этого одной из тенденций становится интеграция различных типов сенсорных данных, позволяющая получать целостную картину происходящего. Для этого необходимо производить комплексирование разнородных источников данных. Например, комбинирование результатов оптической съемки, радарных наблюдений и инфракрасных измерений позволяет формировать детализированные модели местности и отслеживать цели в режиме реального времени. Зачастую на БПЛА одновременно устанавливаются и телевизионные, и тепловизионные камеры [3]. Для решения данной задачи предлагается использовать новый алгоритм комплексирования изображений в оптическом и инфракрасном диапазоне. В качестве примера комплексирования будут использованы два изображения, представленные на рис. 1, 2.

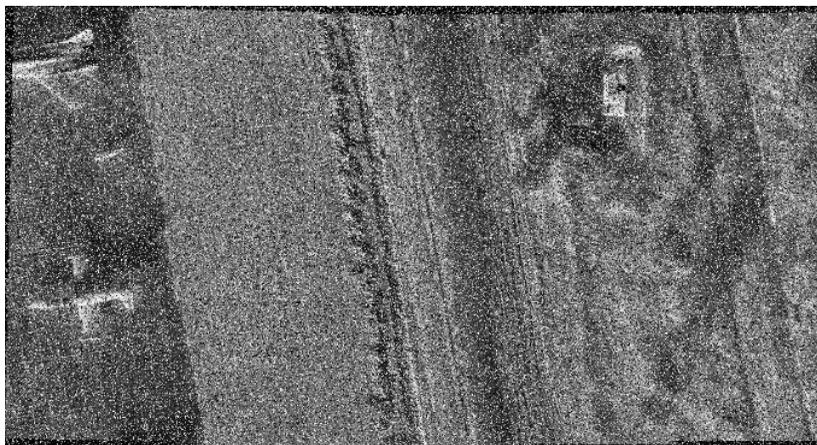


Рис. 1. Инфракрасное зашумленное изображение

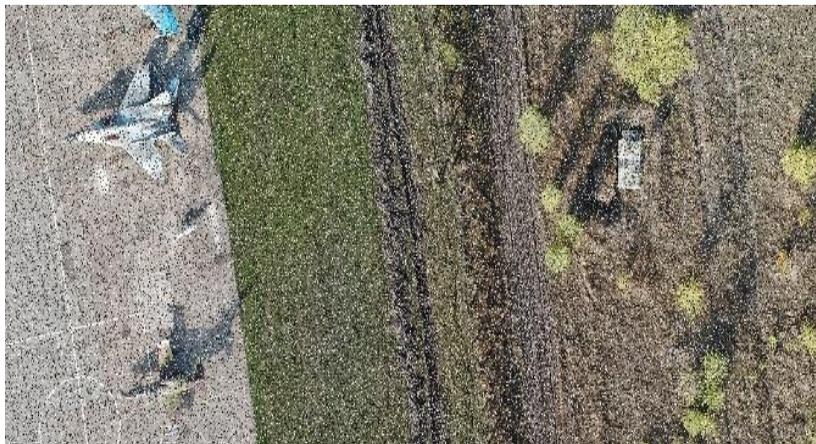


Рис. 2. Оптическое зашумленное изображение

Алгоритм состоит из 8 шагов:

1. Фильтрация изображений. Поскольку системы записи создают искаженные изображения, перед их объединением рекомендуется удалить дефекты с помощью фильтров. Могут быть применены как линейные, так и нелинейные фильтры. Примерами наиболее распространенных фильтров для удаления шумов являются медианный и средний фильтры [4]. Для устранения шумов на рассматриваемых изображениях к ним был применен медианный фильтр. Результаты обработки представлены на рис. 3, 4.



Рис. 3. Инфракрасное восстановленное изображение

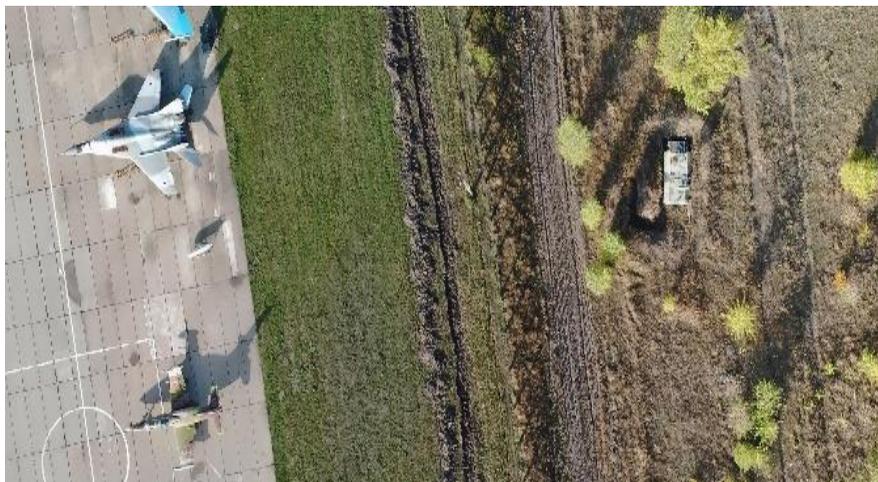


Рис. 4. Оптическое восстановленное изображение

2. Определение ориентации изображения. Определяется ориентация результирующего изображения после устранения дефектов.

3. Выбор минимального размера изображения. Находится самое маленькое изображение по ширине (если выбрана горизонтальная ориентация) или высоте (при вертикальной ориентации).

4. Приведение всех изображений к одинаковому размеру. Все изображения приводятся к одному размеру по горизонтали или вертикали в зависимости от выбранной ориентации.

5. Поиск ключевых точек методом SIFT. Основная идея метода заключается в поиске таких особенностей изображения, которые остаются устойчивыми даже при изменении масштаба, поворота, освещения и небольших деформаций изображения [4]. Данный метод можно разделить на 4 этапа:

– Обнаружение ключевых точек. Изображение подвергается обработке гауссовыми фильтрами различных размеров (размытию). Это позволяет выделить области, где контраст меняется резко – например, углы объектов или границы между объектами. После чего вычисляются разности изображений после применения фильтров разных размеров, чтобы найти точки локальных экстремумов интенсивности. Эти точки будут кандидатами на ключевые точки.

– Отбор ключевых точек. Отбираются те точки, которые соответствуют определенным критериям устойчивости: точки с высоким градиентом,

но без сильных изменений в направлении (например, ребра). Точки проверяются на устойчивость относительно изменения масштаба и положения. Отобранные ключевые точки на рассматриваемых изображениях представлены на рис. 5, 6.

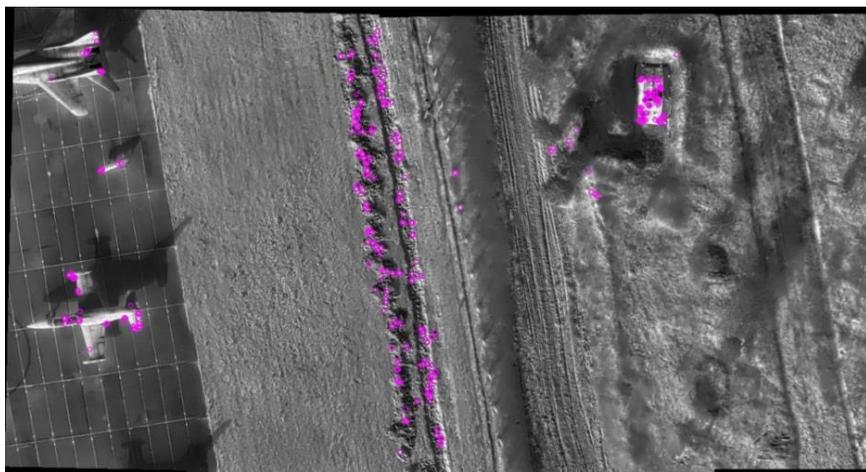


Рис. 5. Ключевые точки на инфракрасном изображении

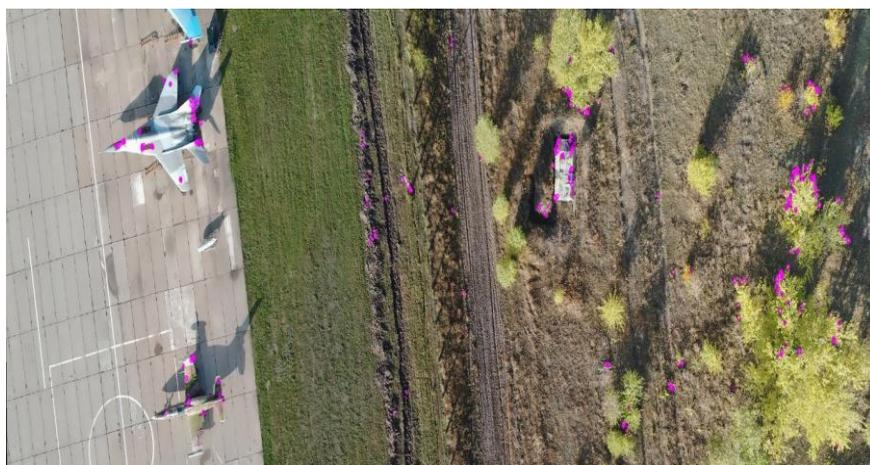


Рис. 6. Ключевые точки на оптическом изображении

– Определение ориентации ключевой точки. Вокруг каждой ключевой точки определяется доминирующее направление градиента. Это делается путем анализа направления градиентов пикселей вокруг точки. Ориентация помогает сделать описание точки инвариантным к повороту изображения.

– Описание ключевой точки. Окрестность вокруг каждой ключевой точки описывается вектором признаков, который формируется на основе градиентной информации. Этот вектор является уникальным описанием данной точки и должен оставаться стабильным независимо от изменений масштаба, вращения и освещения.

6. Нахождение совпадений между ключевыми точками. Чтобы определить, насколько близки две ключевые точки друг к другу, используется Евклидова метрика. Она измеряет расстояние между двумя точками в n -мерном пространстве. После подсчета расстояний между всеми парами ключевых точек, применяем метод k -ближайших соседей. Для каждой ключевой точки на одном изображении находим k ближайших точек на другом изображении по значению Евклидовой метрики. Если большинство из этих k точек соответствует одной и той же точке на втором изображении, то считается, что эта точка совпадает. Совпадающие ключевые точки представлены на рис. 7.

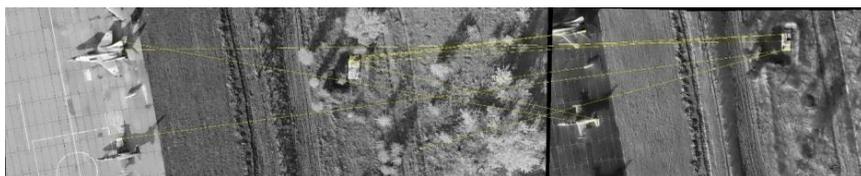


Рис. 7. Совпадающие ключевые точки изображений

7. Вычисление смещения изображения в инфракрасном диапазоне. После нахождения совпадающих ключевых точек между двумя изображениями расчет сдвига выполняется с использованием матрицы гомографии. Данная матрица позволяет описать перспективные искажения и преобразования между плоскостями.

8. Наложение инфракрасного изображения на оптическое. Выполняется объединение изображений путем совмещения соответствующих многомерных массивов данных. Результат наложения представлен на рис. 8.



Рис. 8. Результирующее объединенное изображение

Основные преимущества предлагаемого метода заключаются в повышении детализации и информативности конечного изображения, снижении уровня шумов и ошибок, а также упрощении процесса анализа данных оператором. Важным аспектом разработки является возможность частичной автоматизации большинства процессов. Тем не менее, отдельные аспекты алгоритма, такие как определение ключевых точек и фильтрация изображений, могут требовать дополнительной проверки и ручной настройки в зависимости от конкретных условий съемки.

Заключение. История возникновения и развития технологий обработки изображений неразрывно связана с историей развития военного дела. Начиная с примитивных методов ручной дешифровки и заканчивая сложнейшими алгоритмами глубокого обучения, человечество прошло путь эволюции, превратив обработку изображений в один из важнейших инструментов современной армии. Современные методы распознавания и улучшения изображений существенно повысили эффективность боевых операций, предоставляя командирам своевременную и достоверную информацию о действиях противника.

Для решения задачи повышения информативности изображений предложен новый алгоритм комплексирования изображений в оптическом и инфракрасном диапазонах. Методика позволяет создавать детальные и точные комбинированные изображения, повышая качество и информативность разведывательной информации.

Тем не менее, существует ряд нерешённых проблем, таких как обеспечение устойчивого функционирования в условиях активных радиоэлектронных помех и дальнейшее улучшение адаптации алгоритмов к различным условиям внешней среды. Будущие исследования должны быть направлены на создание интегрированных решений, сочетающих данные нескольких датчиков и применение искусственного интеллекта для комплексного анализа ситуаций.

Список использованных источников

1. Харук, А. И. Истребители Второй Мировой : Самая полная энциклопедия. / А. И Харук. – М. : Яуза, ЭКСМО, 2012. – 368 с.
2. Создание первых искусственных спутников Земли. Начало изучения Луны. Спутники «Зенит» и «Электрон» / В. Е. Гудилин, Л. И. Слабкий // Ракетно-космические системы (История. Развитие. Перспективы). – 1996.
3. Исследование методов комплексирования изображений различных диапазонов / В. А. Рогачёв, С. Л. Ципурина // Труды учебных заведений связи, 2016. – № 3. – С. 59 – 64.
4. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений. / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М. : Техносфера, 2012. – 1104 с.

References

1. Haruk, A. I. Fighters of the Second World War: The most complete encyclopedia. / A. I. Haruk. – M. : Yauza, EKSMO, 2012. – 368 p.
2. Creation of the first artificial Earth satellites. The beginning of exploring the moon. Zenit and Electron satellites / V. E. Gudilin, L. I. Slabky // Rocket and space systems (History. Development. Prospects). – 1996.
3. Research of image aggregation methods of various ranges / V. A. Rogachev, S. L. Tsipurinda // Proceedings of educational institutions of communications, 2016. – No. 3. – pp. 59-64.
4. Gonzalez, R. Digital image processing. / R. Gonzalez, R. Woods. – M. : Technosphere, 2012. – 1104 p.

УДК 623.62

В. В. Каштанов, Д. В. Поддубный, М. Э. Самойлов
(Межвидовой центр подготовки и боевого применения
войск радиоэлектронной борьбы (учебный и испытательный),
г. Тамбов, Россия)

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ РЭБ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА КОМПЛЕКСОВ «ЛЕЕР – 3» И «МОСКИТ»

Аннотация. В статье повествуется о истории возникновения и развития радиоэлектронной борьбы (РЭБ), о первых применениях средств РЭБ. Приведены примеры современных комплексов радиоэлектронной борьбы «Леер – 3» и «Москит». Описаны их тактико-технические характеристики и проведено сравнение возможностей.

Ключевые слова: история РЭБ, современные разработки в сфере РЭБ, технические характеристики «Леер – 3», история «Леер – 3», характеристика «Москит».

V. V. Kashtanov, D. V. Poddubny, M. E. Samoilov,
(Specific Training and Combat Use Center
Electronic Warfare Troops (training and testing),
Tambov, Russia)

THE HISTORY OF ELECTRONIC WARFARE DEVELOPMENT BASED ON THE ANALYSIS OF THE LEER-3 AND MOSKIT COMPLEXES

Abstract. The article tells about the history of the emergence and development of electronic warfare (EW), about the first applications of electronic warfare. Examples of modern electronic warfare systems "Leer – 3" and "Mosquito" are given. Their tactical and technical characteristics are described and a comparison of capabilities is carried out.

Keywords: the history of electronic warfare, modern developments in the field of electronic warfare, technical characteristics of "Leer – 3", the history of "Leer – 3", characteristics of "Mosquito".

История появления РЭБ. Возникновение радиоэлектронной борьбы (РЭБ) было обусловлено изобретением радио, которое уже на первоначальном этапе своего существования использовалось как средство передачи информации во множестве стран мира. Не обошлось и без применения радио в военных целях в качестве средства для передачи информации в целях управления войсками. Первое применение средств радиопротиводействия было осуществлено в ходе Русско-японской войны моряками российского флота 15 апреля 1904 года. Они применили преднамеренные радиопомехи, которые нарушили радиосвязь на японских кораблях. Это чрезмерно затруднило наведение артиллерийского огня во время обстрела японской эскадрой Порта-Артура.

В годы Русско-японской, а также Первой мировой войны средства РЭБ применялись против радиосвязи. Во время Второй мировой войны и в послевоенные годы в качестве технической основы систем управления войсками и оружием внедрялись и другие радиоэлектронные средства: радиолокационные, радионавигационные, оптико-электронные. Огромные изменения получили способы применения сил и оружия Сухопутных войск, авиации, ПВО и флота. Это сподвигло большое развитие способов и средств РЭБ. Это привело к гонке, целью которой является создание наиболее эффективных средств и способов РЭБ, направленных на нарушение возможности управления как войсками, так и оружием противника, а также обеспечение устойчивого управления своими войсками и оружием [1, 2].

Современная техника РЭБ. На сегодняшний момент техника РЭБ имеет одну из важнейших ролей в военном ремесле, поскольку конфликты и различные боевые столкновения в современное время выигрывает тот, кто получит необходимую информацию, а средства радиоэлектронной борьбы напрямую влияют на защиты своих узлов связи и работоспособность средств связи противника.

Российская техника РЭБ принимала участие в решении конфликтов в Сирии и принимает активное участие в СВО, что неоднократно доказало эффективность разработанных технических средств РЭБ.

Для лучшего понимания о том, как развивается современная техника РЭБ проанализируем две современные разработки разных поколений, а конкретно рассмотрим комплексы «Леер – 3» и «Москит».

«Леер – 3» – это современный российский комплекс радиоэлектронной борьбы и радиотехнической разведки, специализирующийся на сетях сотовой связи стандарта GSM. Особенностью комплекса является доставка средств РЭБ и РТР к цели с помощью беспилотных летательных аппаратов [3].

Впервые комплекс был представлен в октябре 2015 года на выставке «День инноваций Южного военного округа». В этом же месяце специалисты западного военного округа преступили к отработке учебных задач с применением данного комплекса

В 2016 году был разработан новый мобильный пункт дистанционного управления БПЛА «Орлан-10», который способен в течении 24-х часов поддерживать управление до трёх БПЛА на расстоянии до 120 км в идеальных условиях, по опыту применения данного комплекса оптимальной дистанцией является 60-70 км.

Назначение комплекса «Леер – 3»:

1. Подавление мобильной связи;
2. Имитация работы станции сотовой связи;
3. Обнаружение абонентских точек;
4. Разведка;
5. Наблюдение.

Состав комплекса:

1. Боевой расчёт – 5 человек;
2. Центр управления БПЛА с автоматизированным рабочими местами для операторов;
3. Машина на базе шасси «КамАЗ-5350»;

4. От одного до трёх БПЛА «Орлан-10»;

5. Наклонная пусковая установка для запуска БПЛА.

Комплекс «Леер – 3» уже получил боевое применения в ряде операций и конфликтов таких как: Гражданская война в Сирии, СВО, Нагорный Карабах.

«Москит» (РБ – 541В) – это беспилотный летательный аппарат, построенный на базе «Орлан-10». «Москит» сохранил в себе подвижность и манёвренность своего предшественника «Орлан-10», но получил различные технические доработки, которые усовершенствовали его как средство РЭБ. [4]

Комплекс «Москит» предназначен для следующих целей:

1. Блокирование мобильных станций сотовой связи стандартов GSM, DCS, UMTS, LTE;

2. Ведение поиска, обнаружение, пеленгование и определение источников радиоизлучения в диапазоне 30 – 3000 МГц;

3. Ведение фотографической и инфракрасной разведки;

4. Радиоподавление или искажение навигационного поля спутниковых радионавигационных систем GPS/ГЛОНАСС.

«Москит» способен генерировать помехи на расстоянии до 5 км. Помимо усовершенствования генерации помех так же модернизировали и средства разведки БПЛА, «Москит» получил более совершенные средства фото и видео фиксации, а также тепловизор и оборудование для осуществления шифрования сигнала. В качестве дополнительного функционала появилась возможность осуществления спам рассылок в радиусе 5 км от дрона.

Конструктивно комплекс размещается на автомобильной базе КАМАЗ 5350 в количестве 2 шт. В состав комплекса РБ – 541В входит:

– Машина управления;

– Машина транспортная;

– БПЛА «Москит» с полезной нагрузкой – 6 ед.;

– Наземный пункт управления (АРМ оператора – 5 ед., АРМ связи – 1 ед., оборудование связи и шифрования);

– Выносной пункт управления;

– Пусковая установка;

– Система электроснабжения;

– Система жизнеобеспечения.

«Москит» в 2022 был задействован при проведении СВО, впервые боевое применение данного дрона было осуществлено 23 ноября 2022 года.

По данным, полученным от министерства обороны, применения данного БПЛА было успешным как в роли разведчика, так и в качестве средства генерации помех. [5]

Проанализировав данные о двух представленных комплексах, можно сделать вывод о развитии техники РЭБ и совершенствовании уже имеющихся образцов. «Москит», который появился на основе «Орлан-10» применяемого в комплексе «Леер – 3» доказывает, что техника РЭБ совершенствуется в лучшую сторону, поскольку «Москит» помимо улучшения технических показателей так же получил и дополнительные возможности, которые помогут найти данному БПЛА дополнительное применение.

Список использованных источников

1. К вопросу об истории развития и перспективах радиоэлектронной борьбы / Лобин М. Д. // Военная мысль. – 2009. – № 3. – С. 64 – 75.
2. Радиоэлектронная борьба / WIKIPEDIA. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Радиоэлектронная_борьба.
3. РБ-341В / WIKIPEDIA. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/РБ-341В>;
4. БПЛА «Москит». Радиоэлектронная борьба выходит на новый уровень / DZEN. – URL: <https://dzen.ru/a/Y4TKORTMFW-nGT21>;
5. Минобороны РФ впервые показало применение на Украине беспилотников «Москит» / ТАСС. – URL: <https://tass.ru/armiya-i-opk/16401213>.

References

1. On the issue of the history of development and prospects of electronic warfare / Lobin M. D. // Military thought. – 2009. – No. 3. – pp. 64-75.
2. Electronic warfare / WIKIPEDIA. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Radioelectronic_warfare;
3. RB-341B / WIKIPEDIA. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/RB-341B>;
4. The Mosquito UAV. Electronic warfare is reaching a new level. / DZEN. – URL: <https://dzen.ru/a/Y4TKORTMFW-nGT21>;
5. The Russian Defense Ministry has shown for the first time the use of Mosquito drones in Ukraine. / TASS. – URL: <https://tass.ru/armiya-i-opk/16401213>.

Секция 2

ТЕХНИЧЕСКИЙ АСПЕКТ

УДК 654:005.584.1:623.746

А. И. Милютин, В. М. Тютюнник

(Тамбовский государственный технический университет,
Кафедра конструирования радиоэлектронных
и микропроцессорных систем, г. Тамбов, Россия)

ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМ СВЯЗИ ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Аннотация. Проанализированы существующие технологии и системы связи, используемые для беспилотных летательных аппаратов. Сравнение отечественных и зарубежных многочисленных исследований в данной области приводит к выводу о быстром прогрессе и преодолении недостатков современных систем связи, как между дронами, так и с базовой станцией или наземным комплексом управления. Показаны основные достижения в области систем связи, намечены перспективы дальнейших исследований систем связи.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, дроны, системы связи.

A. I. Milyutin, V. M. Tyutyunnik

(Tambov State Technical University,
Department of Radioelectronic and Microprocessor Systems Engineering,
Tambov, Russia)

ORGANIZATION OF COMMUNICATION SYSTEMS FOR UNMANNED AERIAL VEHICLES

Abstract. The existing technologies and communication systems used for unmanned aerial vehicles are analyzed. A comparison of numerous domestic and foreign studies in this field leads to the conclusion that rapid progress has been made and the disadvantages of modern communication systems have been overcome, both between drones and with a base station or ground control system. The main achievements in the field of communication systems are shown, prospects for further research of communication systems are outlined.

Keywords: unmanned aerial vehicles, drones, communication systems.

Постоянное возрастание событий аварийно-катастрофического характера стимулируют быстро растущий интерес к основанным на «интернете вещей» (Internet of Things, IoT) или «интернете всего» (Internet of Everything, IoE) системам мониторинга окружающей среды (СМОС) [1], которые представляют собой сети подключённых устройств (датчиков, сенсоров и т.п.), собирающих данные об окружающей среде и передают их на базу для анализа. В обычных условиях IoT-устройства измеряют сведения об окружающей среде и отправляют в центр управления данные о трафике с низкой скоростью и с отсрочкой по времени. Однако при обнаружении чрезвычайного события IoT-устройства должны генерировать доминирующий и критичный по времени высокоскоростной трафик, который должен включать информацию о кризисном событии и корректирующие действия по его устранению. Изначально беспилотники использовались независимо друг от друга, однако в настоящее время синхронизированные беспилотники часто выполняют критически важные операции в составе роя, когда связь между дронами играет решающую роль.

Отсюда цель данного исследования: проанализировать исследования по организации систем связи с беспилотными летательными аппаратами (БПЛА), проведённые отечественными и зарубежными авторами.

Обычно связь с БПЛА происходит в условиях сложной помеховой обстановки и при низких отношениях сигнал/шум. Для решения задач передачи данных сейчас используются как открытые (Wi-Fi, LTE, WiMax, Onboard SDK OPEN Protocol), так и специальные протоколы передачи данных (OcuSync, ZigBee, XBee). В условиях сложной помеховой обстановки и радиоэлектронного противодействия передача данных по этим протоколам становится затруднительной или полностью прерывается, что приводит к потере данных и невозможности коммуникации с дроном. Механизм связи, который используется в сети БПЛА, зависит от области их применения. Спутниковая связь является предпочтительной для связи дронов, когда они используются для обеспечения безопасности, мониторинга среды и иных масштабных действий. Для гражданского и личного применения предпочтительнее использовать технологии сотовой связи. Для использования внутри помещений, особенно в случае ячеистой сети и беспроводной беспроводных сенсорных сетей (WSN), связь через Bluetooth и другие протоколы «точка-точка» (P2P) являются более эффективными. Коммуникация в многоуровневой сети может оказаться сложным процессом, если её применить к БПЛА.

Значительные успехи в реализации связи между БПЛА и с базовыми станциями (БС, или наземными комплексами управления, НКУ) достигнуты зарубежными исследователями. В [2] рассмотрены различные подходы к связи и управлению полётами для приложений с несколькими дронами, а также их классификация: централизованные и децентрализованные системы. Наилучшие результаты даёт гибрид обоих подходов, когда дроны управляются централизованно и учатся друг у друга. Для системы связи с БПЛА проанализированы технологии WiFi, Bluetooth, ZigBee, акустические и сотовые. Сделан вывод, что при выборе связи следует учитывать такие параметры, как пропускная способность, дальность действия, требования к питанию, скорость, совместимость, вес полезной нагрузки и стоимость. В [3] проанализированы различные типы технологий для сети БПЛА с различными функциями: зондирование, координация, связь и сетевое взаимодействие. В этой работе дано много полезных предложений, например, дроны должны быть интегрированы в развивающиеся крупномасштабные сети, такие как будущие сотовые сети. В [4] показано, что существующие стандарты беспроводных сетей не могут справиться с высокой мобильностью БПЛА и повышенными частотами сигнала. Эффект Доплера или изменения относительных скоростей и направлений антенн, связанных с БПЛА, приводят к большим потерям пакетов. Отсюда выбор подходящей технологии связи очень важен, при этом следует учитывать различные аспекты: точность, скорость передачи данных, устройство антенны и платформы для обработки ресурсов [5 – 9]. Передача данных является важнейшим аспектом любой сети, поэтому необходимо использовать соответствующий протокол маршрутизации. Для обеспечения эффективной, надёжной и не требующей больших задержек связи между узлами сети БПЛА различные исследователи интегрировали искусственный интеллект, навигационные стратегии и криптографию. Однако важно учитывать энергоэффективность, а также скорость дронов для обеспечения надёжной безопасной связи. Беспилотники часто сталкиваются с проблемой нехватки энергии и вычислительных ресурсов. Исследователи предложили оптимальные решения этих проблем. Другой проблемой является отказ связи из-за воздушных помех в сети. Такие помехи могут стать серьёзной проблемой.

Отечественные исследователи [10 – 16] практически не отстают от зарубежных. В работах [10, 11] показано, что «прямая видимость между БПЛА и НКУ может быть достигнута за счёт увеличения высоты полёта БПЛА и увеличением высоты подъёма наземной антенны. Передача

информации с высокой скоростью на расстояния более 300 км возможна с использованием ретрансляционного оборудования, спутниковых систем связи, стационарных систем передачи информации. Для компенсации большого затухания сигнала на трассе необходимо увеличить выходную мощность передатчика и коэффициенты усиления антенного оборудования. Для повышения коэффициента усиления бортового антенно-фидерного оборудования предложено использование опорно-поворотного устройства на борту летательного аппарата. Этими авторами выполнен расчёт бюджета канала связи для передачи информации на большие расстояния. В работе рассмотрены возможные варианты построения бортовой приемопередающей системы. Показано, что оптимальным вариантом является создание опорно-поворотного устройства, на платформе которого размещаются: антенно-фидерное оборудование, приёмопередатчики, блоки усилителей мощности и маломощных усилителей. В этом случае удаётся разместить оборудование системы связи максимально компактно при использовании надежных вращающихся переходов для линий передачи цифровой информации и для линий передачи аналоговой информации с датчиков диапазонов различных длин волн» [10].

Авторами [11] установлено, что для обеспечения бюджета канала связи при большом затухании сигнала на трассе необходимо использовать направленные антенны на борту БПЛА. Задача управления направлением максимального усиления бортовой антенны может быть решена несколькими способами: 1) использованием многоэлементной антенной решетки с управляемой диаграммой направленности; 2) использованием нескольких переключаемых антенн; 3) установкой антенны на опорно-поворотном устройстве. Эти же авторы показали, что оптимальным является использование опорно-поворотной платформы, на которой размещается все приемо-передающее оборудование.

Существующие системы связи для передачи данных и управления БПЛА используют либо классические виды модуляции (частотно-манипулированные сигналы, FSK; частотная манипуляция фильтром Гаусса, GFSK; фазовая модуляция, PM; квадратурная амплитудная модуляция, QAMM), либо мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов (OFDM). В некоторых радиомодемах применяются технологии расширения спектра и/или псевдослучайной перестройки рабочей частоты. Эти подходы обладают своими недостатками, связанными с чувствительностью к доплеровскому сдвигу частоты, деструктивному

влиянию большого количества лучей, а также высокому пик-фактору, в случае OFDM.

Интеллектуальные совместные системы БПЛА-WSN стали самыми дешевыми, дружелюбными и точными системами мониторинга в различных областях экономики. Последние приложения выходят за рамки концептуальных систем и включают в себя множество сенсорных узлов и БПЛА, объединенных в крупномасштабную, географически распределённую WSN. В связи со сложностью и множеством функций, которые должны быть охвачены (сбор, обработка, взаимодействие и коммуникации), эти системы, по сути, являются системами систем. Новые концепции, такие как Microsoft Edge, туманные и облачные вычисления, теперь используются для обработки данных. Искусственный интеллект базовых элементов БПЛА делает пересечение БПЛА-WSN-IoT всё более актуальным. И БПЛА, и WSN всё чаще рассматриваются как элементы единой мультиагентной системы, которая органично функционирует как неделимое целое. Не в последнюю очередь узлы, входящие в состав WSN, становятся всё более «умными», наделёнными дополнительными функциональными возможностями, что приближает их к парадигме IoT.

Таким образом, можно сделать вывод, что системы, объединяющие WSN, БПЛА и IoT, движутся по восходящей траектории и становятся повсеместными.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку математических моделей и алгоритмов формирования и обработки сигналов для связи с БПЛА, а также программное обеспечение для передающей и приёмной части программно-определяемой радиосистемы. Необходимо использовать новые технологии для повышения помехозащищённости и энергетической эффективности систем связи с БПЛА, включая технологии расширения спектра в комбинации с линейной частотной модуляцией, пространственно-временное кодирование, высокоэффективные коды с малой плотностью проверок на чётность. Необходимо использовать сигнально-кодовые конструкции с низким пик-фактором, на 20-30% ниже, чем в OFDM, ошибку доплеровского смещения требуется скорректировать с минимальными затратами вычислительных ресурсов. Научная новизна предлагаемых решений заключается в применении способа формирования и обработки сигналов с помощью технологии передачи цифровых данных на большие расстояния с помощью радиоволн CSS, совместно с LDPC кодированием для связи с БПЛА.

Список использованных источников

1. Системы связи для мониторинга с использованием беспилотных летательных аппаратов / А. И. Милютин, В. М. Тютюнник. // Информационные процессы, системы и технологии. – 2025. – Т. 6. – № 2. – С. 23 – 29.
2. Pantelimon G., Tepe K., Carriveau R., Ahmed S. Survey of multi-agent communication strategies for information exchange and mission control of drone deployments. *J. Intell. Robot. Syst.* 2019. Vol.95. Pp.779–788.
3. Yanmaz E., Yahyanejad S., Rinner B., Hellwagner H., Bettstetter C. Drone networks: Communications, coordination, and sensing. *Ad Hoc Networks.* 2018. Vol. 68. Pp. 1–15.
4. Asadpour M., Giustiniano D., Hummel K.A. From ground to aerial communication: dissecting WLAN 802.11n for the drones. *WiNTECH'13: Proceedings of the 8th ACM international workshop on Wireless network testbeds, experimental evaluation & characterization.* 2013. Pp. 25–32.
5. Mozaffari M., Saad W., Bennis M., Nam Y.-H., Debbah M. A tutorial on UAVs for wireless networks: applications, challenges, and open problems. *IEEE Communications Surveys & Tutorials.* 2019. Vol. 21. Issue 3.
6. Sánchez-García J., García-Campos J.M., Arzamendia M., Reina D.G., Toral S.L., Gregor D. A survey on unmanned aerial and aquatic vehicle multi-hop networks: Wireless communications, evaluation tools and applications. *Computer Communications.* 2019. Vol. 119. Pp. 43–65.
7. Hayat S., Yanmaz E., Muzaffar R. Survey on unnamed aerial vehicle networks for civil applications: a communications viewpoint. *IEEE Commun. Surv. Tutor.* 2016. Vol. 18. No. 4. Pp. 2624–2661.
8. Pizetta I.H.B., Brandão A.S., Sarcinelli-Filho M. A hardware-in-the-loop platform for rotary-wing unmanned aerial vehicles. *J. Intell. Robot. Syst.* 2016. Vol. 84. Pp. 725–743.
9. Dantu K., Kate B., Waterman J., Bailis P., Welsh M. *SenSys'11: Proceedings of the 9th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems.* 2011. Pp. 121–134.
10. Построение систем связи беспилотных летательных аппаратов для передачи информации на большие расстояния. / Н. М. Боев, П. В. Шаршавин, И. В. Нигруца // *Известия ЮФУ. Технические науки.* 2014. № 3. С.147 – 158.
11. Анализ командно-телеметрической радиолинии связи с беспилотными летательными аппаратами. / Н. М. Боев // *Вестник Сибирского гос. аэрокосм. ун-та им. акад. М.Ф.Решетнева.* – 2012. – Вып. 2 (42). – С. 86 – 91.
12. Беспилотные летательные аппараты: справ. пособие. – Воронеж : Научная книга, 2015. – 616 с.
13. Исследование характеристик радиоканала связи с беспилотными летательными аппаратами. / А. В. Польшинкин, Х. Т. Ле. // *Известия ТулГУ. Технические науки.* – 2013. – Вып.7, ч.2. – С.98 – 108.
14. Методика анализа вероятностно-временных характеристик обмена сообщениями в комплексе беспилотных летательных аппаратов. / А. М. Чуднов,

О. А. Губская, Я. В. Кичко. // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2021. – Вып. 11. – С.117 – 124.

15. Беспилотные летательные аппараты вертикального взлета: сборка, настройка и программирование: учебное пособие / М. А. Ковалёв, Д. Н. Овакимян. – Самара : Изд-во Самар. ун-та, 2023. – 96 с.

16. Анализ организации связи с применением беспилотных летательных аппаратов малой дальности / В. В. Каштанов, В. А. Немтинов. // Вестник Тамбовского гос. техн. ун-та. – 2022. – Т. 28, № 4. – С. 606 – 614.

References

1. Communication systems for monitoring using unmanned aerial vehicles / A. I. Milyutin, V. M. Tyutyunnik. // Information processes, systems and technologies. – 2025. – Vol. 6. – No. 2. – pp. 23-29.

2. Pantelimon G., Tepe K., Carriveau R., Ahmed S. Survey of multi-agent communication strategies for information exchange and mission control of drone deployments. J. Intell. Robot. Syst. 2019. Vol.95. Pp.779–788.

3. Yanmaz E., Yahyanejad S., Rinner B., Hellwagner H., Bettstetter C. Drone networks: Communications, coordination, and sensing. Ad Hoc Networks. 2018. Vol. 68. Pp. 1–15.

4. Asadpour M., Giustiniano D., Hummel K.A. From ground to aerial communication: dissecting WLAN 802.11n for the drones. WiNTECH'13: Proceedings of the 8th ACM international workshop on Wireless network testbeds, experimental evaluation & characterization. 2013. Pp. 25–32.

5. Mozaffari M., Saad W., Bennis M., Nam Y.-H., Debbah M. A tutorial on UAVs for wireless networks: applications, challenges, and open problems. IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2019. Vol. 21. Issue 3.

6. Sánchez-García J., García-Campos J.M., Arzamendia M., Reina D.G., Toral S.L., Gregor D. A survey on unmanned aerial and aquatic vehicle multi-hop networks: Wireless communications, evaluation tools and applications. Computer Communications. 2019. Vol. 119. Pp. 43–65.

7. Hayat S., Yanmaz E., Muzaffar R. Survey on unnamed aerial vehicle networks for civil applications: a communications viewpoint. IEEE Commun. Surv. Tutor. 2016. Vol. 18. No. 4. Pp. 2624–2661.

8. Pizetta I.H.B., Brandão A.S., Sarcinelli-Filho M. A hardware-in-the-loop platform for rotary-wing unmanned aerial vehicles. J. Intell. Robot. Syst. 2016. Vol. 84. Pp. 725–743.

9. Dantu K., Kate B., Waterman J., Bailis P., Welsh M. SenSys'11: Proceedings of the 9th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems. 2011. Pp. 121–134.

10. The device of communication systems of unmanned aerial vehicles for transmitting information over long distances. / N. M. Boev, P. V. Sharshavin, I. V. Nigrutsa // Izvestiya SFU. Technical sciences. 2014. No. 3. pp.147-158.

11. Analysis of command and telemetry radar communications with unmanned aerial vehicles. / N. M. Boev // Bulletin of the Siberian State University. aerospace. University named after him. Academician M.F.Reshetnev. – 2012. – Issue 2 (42). – pp. 86-91.

12. Unmanned aerial vehicles: reference. stipend. Voronezh : Scientific Book, 2015. 616 p.

13. Investigation of the characteristics of a radio communication channel with unmanned aerial vehicles. / A.V. Polynkin, H. T. L. // Izvestiya TulSU. Technical sciences. – 2013. – Issue 7, part 1.2. – pp.98-108.

14. Methodology for analyzing the probabilistic-temporal characteristics of message exchange in a complex of unmanned aerial vehicles. / A.M. Chudnov, O. A. Gubskaya, Ya. V. Kichko. // News of TulSU. Technical sciences. 2021. Issue 11. pp.117-124.

15. Unmanned aerial vehicles for vertical takeoff: assembly, configuration and programming: a textbook / M. A. Kovalev, D. N. Hovakimyan. Samara: Samar Publishing House. University, 2023. -96 p.

16. Analysis of communication organization with the use of short-range unmanned aerial vehicles / V. V. Kashtanov, V. A. Nemtinova. // Bulletin of the Tambov State Technical University. un-ta. – 2022. – Vol. 28, No. 4. – pp. 606-614.

УДК 621.396.6

А. Д. Анисимов, А. А. Гусев, В. В. Шатских
(Межвидовой центр подготовки и боевого применения
войск радиоэлектронной борьбы (учебный и испытательный),
г. Тамбов, Россия)

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ СРЕДСТВ РЭБ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНЫХ СРЕДСТВ

Аннотация. В данной статье рассмотрено и описано создание учебно-тренировочных средств (УТС) для подготовки операторов средств радиоэлектронной борьбы (РЭБ) с использованием программной среды Unity и программного обеспечения для трехмерного моделирования Cinema 4D. Работа направлена на улучшение методов подготовки операторов РЭБ, что способствует повышению эффективности военно-технического комплекса и поддерживает надежную защиту национальной безопасности Российской Федерации.

Ключевые слова: учебно-тренировочные средства, среда разработки, радиоэлектронная борьба.

A. D. Anisimov, A. A. Gusev, V. V. Shatskikh
Specific Training and Combat Use Center
Electronic Warfare Troops (training and testing),
Tambov, Russia)

PROSPECTS FOR OPERATOR TRAINING ELECTRONIC WARFARE USING EDUCATIONAL AND TRAINING FACILITIES

Abstract. This article discusses and describes the creation of training facilities for training electronic warfare (EW) operators using the Unity software environment and Cinema 4D three-dimensional modeling software. The work is aimed at improving the methods of training electronic warfare operators, which contributes to increasing the effectiveness of the military-technical complex and supports reliable protection of the national security of the Russian Federation.

Keywords: educational and training facilities, development environment, electronic warfare.

Введение. Традиционные методы подготовки специалистов по применению систем специального назначения (ССН) требуют модернизации для развития творческого мышления и самостоятельного освоения знаний. Одним из ключевых направлений является внедрение современных информационных технологий.

Для повышения качества подготовки операторов на технику актуальна разработка УТС. Они позволяют подготавливать операторов средств РЭБ, экономя значительное количество времени, решают проблему нехватки техники, автоматизировав большинство процессов обучения при помощи программного обеспечения. Разработка УТС также позволяет успешно готовить и переобучать специалистов в рамках проведения Специальной военной операции (СВО).

Требования для учебно-тренировочных средств. При разработке УТС используется программная среда разработки Unity, в которую интегрировали модели, созданные в ПО Cinema 4D. С помощью написанных скриптов на языке программирования C#, созданные модели анимируются для дальнейшего составления нормативов. Основными преимуществами Unity являются наличие визуальной среды разработки, межплатформенной поддержки и модульной системы компонентов. Выбор был сделан в пользу Unity, так как данное программное средство в большей степени подошло

для дальнейшего создания элементов УТС и организации с ними интерактивного взаимодействия [1, 2].

При моделировании УТС учитывались следующие параметры [3, 4]:

- УТС должны строиться по строгим нормативам;
- УТС должны быть максимально приближены к реальным условиям;
- при моделировании должен соблюдаться принцип модульности;
- УТС должно включать в себя три режима работы: обучение, тренировка, контроль.

При создании УТС используется модульный подход, который выражается в построении следующих моделей:

- процесса усвоения информации специалистом;
- реального объекта;
- окружающей среды.

В итоге УТС представляет собой модульную систему, которая легко разбивается на параллельные процессы. Модули разрабатываются и отлаживаются максимально независимо. Данный подход к построению УТС на основе принципов модульности позволяет обеспечить решение следующих задач:

- одноразовая разработка и многократное использование компонентов УТС для подготовки специалистов;
- легкость модернизации УТС;
- коллективное использование УТС;
- сокращение сроков и стоимости построения УТС.

УТС предоставляет возможность выбирать различные условия работы с техникой, характеристики окружающей среды, вести контроль действий обучаемого специалиста и фиксацию допускаемых ошибок.

Подготовка операторов с применением учебно-тренировочного средства. Оператор после запуска учебно-тренировочного средства по станции помех видит интуитивно понятное главное меню программы. Данное меню позволяет получить доступ к основным функциям УТС. Учебно-тренировочное средство состоит из нескольких модулей, это теоретический и практический блоки. Экранная форма главного меню представлена на рис. 1.

Теоретический блок учебно-тренировочного средства состоит из информации о назначении, составе и ТТХ, порядке работы станции, выборе позиции и ориентировании, развертывании и свертывании станции, условиях и порядке выполнения нормативов и задач.



Рис. 1. Экранная форма главного меню

Для проверки теоретических знаний присутствует модуль тестирования. При прохождении теста есть возможность включить отображение информационной панели, на которой в реальном времени отображается правильность ответов на вопросы. По окончании тестирования происходит отображение окна результатов, в котором, кроме оценки на тест, оператор получает список вопросов, в которых были допущены ошибки, без указания правильных ответов. Также в модуле тестирования предусмотрен режим администратора, который позволяет добавлять, изменять и удалять варианты вопросов, сами вопросы и просматривать результаты прохождения тестирования операторами. Экранные формы модуля тестирования представлены на рис. 2.

В практическом блоке оператор может выполнять работу в трех режимах: обучение, тренировка и контроль. В режиме обучения отображаются все подсказки, необходимые для выполнения норматива, в режиме тренировки подсказки отключены, но их можно включить, и в режиме контроля подсказки отключены без возможности включения.

При выборе практического занятия «обучение» оператор увидит перед собой подсказку, где указано действие, необходимое к выполнению (рис. 3). При прохождении норматива обучаемый должен будет выполнить необходимые действия внутри машины. После выполнения нормативов учебно-тренировочного средства в режиме контроль, оператор сможет приступить к выполнению тех же нормативов на настоящей станции.

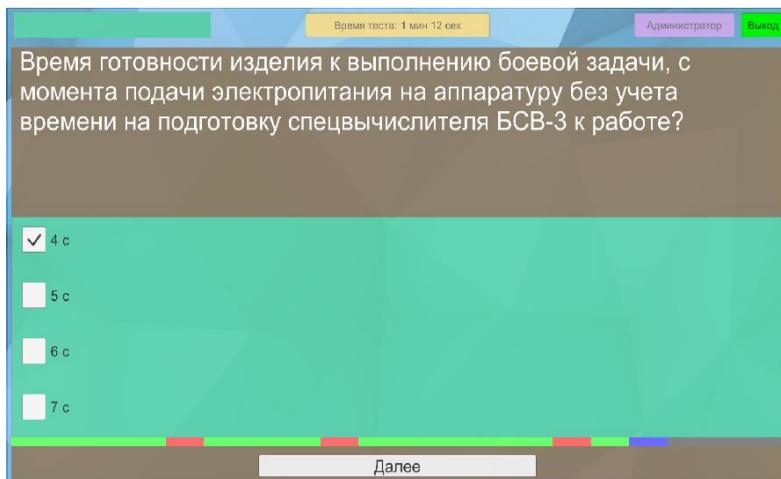


Рис. 2. Экранная форма модуля тестирования при прохождении теста



Рис. 3. Интерфейс режима «Обучение» учебно-тренировочного средства

В итоговом отчете о пройденном нормативе выводится статистика, в которой указаны (рис. 4) [5]:

- общее время прохождения норматива;
- временные показатели с указанием оценки за выполнение норматива;
- список действий, совершенных в процессе выполнения норматива;
- оценка за выполнение норматива.

Таким образом, оператор нарабатывает опыт работы с техникой и в дальнейшем повысит свой уровень подготовки.

Учитывая применяемые методики оценки действий оператора по выполнению специальных задач и нормативов, был разработан специальный модуль оценки, позволяющий результировать работу оператора по подавлению РЛС противника по времени и правильности выполненных действий (рис. 4).

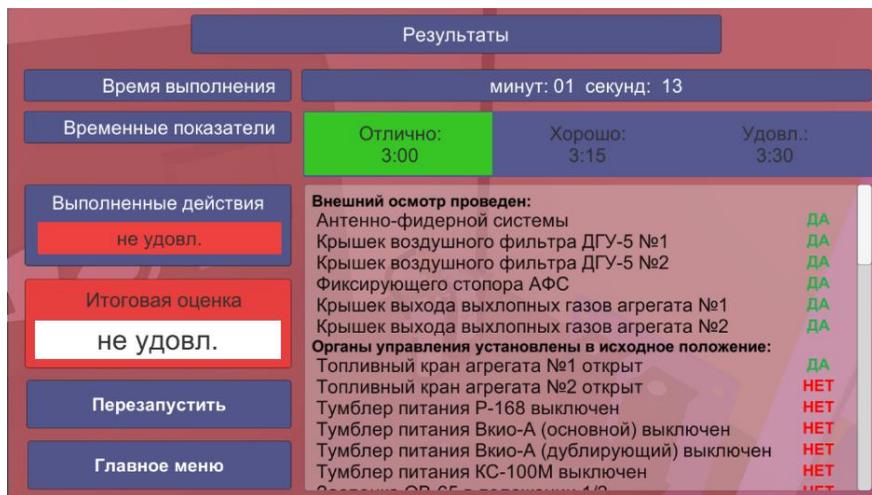


Рис. 4. Интерфейс окна «Результаты»

После прохождения курса освоения средств РЭБ с использованием УТС оператор будет иметь представление о необходимых операциях для работы техники и о возможных неисправностях и путях решения данных проблем. Подготовленный оператор, при непосредственной работе, будет иметь виртуальный опыт работы с техникой и нахождения в нештатной ситуации.

УТС возможно использовать в учебных заведениях, в частности, при подготовке операторов средств РЭБ как для получения навыков управления и обслуживания техники, так и для проведения лабораторных исследований с использованием УТС.

Заключение. Информационные технологии позволяют создавать реалистичные, доступные и безопасные тренажеры, которые повышают качество подготовки кадров. Дальнейшее развитие УТС связано с интеграцией

передовых технологий, таких как искусственный интеллект и виртуальная реальность, что сделает процесс подготовки еще более качественным и гибким. Использование облачных технологий позволит расширить возможности дистанционного и группового обучения, обеспечивая высокий уровень подготовки операторов РЭБ.

Описанный опыт успешно применяется при разработке и применении УТС подготовке специалистов РЭБ.

Список использованных источников

1. Учебно-методическая разработка по учебной дисциплине «Основы эксплуатации средств РЭБ» – Тамбов. – 10 с.
2. Юрков, Н. К. Интеллектуальные компьютерные обучающие системы / Н. К. Юрков – Пенза : Изд-во ПГУ, 2010. – 304 с.
3. Советов, Б. Я. Интеллектуальные системы и технологии. учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / В. В. Цехановский, В. Д. Чертовской. – М. : Издательский центр «Академия», 2013. – 320 с.
4. Красовский, А. А. Справочник по теории автоматического управления / А. А. Красовский, А. Г. Александров, В. Н. Артемьев. – М. : Наука: Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987.
5. Макаров, И. М. Интеллектуальные системы автоматического управления / И. М. Макаров, В. М. Лохин – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2001.
6. Алексеев, В. В. Анализ возможностей информационных технологий для построения средств освоения сложных интеллектуальных систем. / В. В. Алексеев. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 2017. – 5 с.

References

1. Educational and methodological development on the academic discipline "Fundamentals of the operation of electronic warfare equipment" – Tambov. – 10 p.
2. Yurkov, N. K. Intelligent computer learning systems / N.K. Yurkov – Penza : Publishing House of PSU, 2010. 304 p.
3. Soviets, B. Ya. Intelligent systems and technologies. a textbook for students. institutions of higher Prof. education / V. V. Tsekhanovsky, V. D. Chertovskoi. Moscow : Publishing Center "Academy", 2013. 320 p.
4. Krasovsky, A. A. Handbook of the theory of automatic control / A. A. Krasovsky, A. G. Alexandrov, V. N. Artemyev. – М. : Nauka: Gl. ed. fiz.-mat. lit., 1987.
5. Makarov, I. M. Intelligent automatic control systems / I. M. Makarov, V. M. Lokhin – М. : FIZMATLIT, 2001.
6. Alekseev, V. V. Analysis of the possibilities of information technologies for building means of mastering complex intelligent systems. / V. V. Alekseev. Voronezh : VSU Publishing House, 2017. 5 p.

А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков
(Войсковая часть 2462,
г. Москва, Россия)

БЕСПИЛОТНЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Аннотация. В статье рассмотрен подход к использованию различных видов беспилотных летательных аппаратов для наблюдения за земной поверхностью, рассмотрен опыт их создания и эксплуатации, пути повышения энергообеспечения и увеличение длительности полета.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, контроль поверхности, энергообеспечение.

A. Y. Berdnikov, S. N. Kukankov
(Military unit 2462,
Moscow, Russia)

UNMANNED AERIAL VEHICLE FOR REMOTE SENSING OF THE EARTH

Abstract. The article considers an approach to using various types of unmanned aerial vehicles to monitor the Earth's surface, examines the experience of their creation and operation, ways to increase energy supply and increase flight duration.

Keywords: unmanned aerial vehicle, surface control, power supply.

В основном оперативное обследование больших сухопутных и водных поверхностей для мониторинга территорий производится с помощью авиационных комплексов на базе самолетов, вертолетов или же зондов.

Одним из перспективных методов получения геодезической основы мониторинга является метод дистанционного картографирования с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Беспилотные технологии существуют давно. Сначала они были сложными и дорогостоящими комплексами, имевшими только военное применение. Но в течение последнего десятилетия в этой области произошел настоящий прорыв. Миниатюризация вычислительных систем и развитие спутниковой навигации (GPS/ГЛОНАСС) позволили создавать БПЛА, у

которых габариты, масса, а главное, стоимость на порядки меньше прежних. По доступности беспилотные технологии приближаются к уровню бытовых технологий. Сейчас прогресс в развитии гражданских беспилотных систем имеет высочайший темп, сформировалась новая индустрия услуг.

Данный вид воздушного мониторинга прекрасно подходит для анализа земельных и лесных ресурсов и предоставляет специалистам уникальную возможность отслеживать изменения земельного фонда.

Традиционный способ аэрофотосъемки территории подразумевает использование крупногабаритных пилотируемых самолетов, который изначально предусматривает значительные затраты и накладывает ряд ограничений ввиду его габаритов и использование только при благоприятных условиях.

Использование малогабаритных беспилотных летательных аппаратов имеет много преимуществ и превосходит традиционный метод съемки с самолета в связи с быстротой развертываемости аппаратуры и оперативной подготовки к запуску БПЛА (отсутствие необходимости в специальных взлетно-посадочных площадках). Более того, возможность летать при минимальной высоте в 150-200 м позволяет находиться под облаками практически в любое время. Помимо этого, высокое разрешение на местности позволяет увидеть мельчайшие детали рельефа и объекты даже сантиметровой точности. Самый главный плюс использования БПЛА – это возможность детальной съемки небольших объектов, так как данный вид аэрофотосъемки позволяет проводить работы по аэрофотосъемке небольших объектов и малых площадок там, где сделать это другим видам аэрофотосъемки нерентабельно, а в ряде случаев технически невозможно [1].

Поэтому активно ведутся разработки различных моделей БПЛА. Известен беспилотный комбинированный летательный аппарат [2], выполненный в форме летающего крыла, корпус выполнен многосекционным из набора стрингеров, закрепленных на жесткой углепластиковой основе, сверху обтянут тонкой пленкой на тканевой основе, представляющей кремниевую солнечную батарею, внутри корпус разделен на герметичные, заполненные подъемным газом (гелий и др.) отсеки и негерметичные отсеки, имеющие воздухозаборник в носовой части, в средней тепловые элементы для нагрева воздуха и сопло в задней части.

Вместе с неоспоримыми достоинствами эта разработка не лишена и недостатков. Это – ограниченные возможности вертикального взлета и посадки, приводящие к расходованию электроэнергии на взлет, занятие и поддержание заданной высоты полета за счет работы электродвигателей.

Известен также воздухоплавательный аппарат [3], включающий мультикоптер, гондолу, АСУ, батарейный отсек, захваты грузового контейнера, систему ориентации и слежения, в передней части гондолы эллипсоидальной формы расположена капсула с куполом обзора и парашютной системой, которая предназначена для нахождения и спасения при аварии приборов управления, экипажа и пассажиров, самописцев работы мультикоптера, в средней части аппарата на корпусе гондолы находится солнечная батарея, а в хвостовой части аппарата расположены два ветряка с вихрепреобразователями, турбинами и электрогенераторами, между ветряками находится батарейный отсек, под гондолой находится опорная плита с захватами грузового контейнера, а на раме мультикоптера закреплены приборы космической навигации и ориентации на местности.

Это устройство имеет достаточно сложную конструкцию, большое время развертывания собственными силами и крупные габариты.

Также известен воздухоплавательный аппарат [4], содержащий мультикоптер с четырьмя электродвигателями и двумя турбодвигателями, несущую ферму, газовые камеры, панель солнечной батареи, системы наблюдения, ориентации, связи и автоматического управления, выполненный в жестком аэродинамическом корпусе эллипсоидной формы и состоящий из несущей фермы с консолями, по концам которых подвешены четыре электродвигателя с изменяемым вектором тяги, на упомянутой ферме находятся две гондолы, состоящие из жестких корпусов и газовых камер с постоянным и переменным объемом, под упомянутой фермой находится газовая подушка, а в передней части упомянутой фермы находится монокрыло, снизу которого подвешены два турбовинтовых двигателя, в задней части упомянутой фермы расположены устройства стабилизации, состоящие из рулей, элеронов и закрылков, связанных посредством автоматизированной системы управления с элементами изменения объема газовых камер, что повышает устойчивость и управляемость аппарата в целом.

Это устройство имеет сложную конструкцию, отсутствует возможность компактного хранения и доставки к району использования с помощью других транспортных и воздушных средств, для вертикального полета используются как электродвигатели, так и газовые камеры с подъемным газом. Дополнительное использование жесткого корпуса и солнечной батареи увеличивает массу конструкции и снижает массу полезной нагрузки. Сложная, насыщенная приборами и требующая большого расхода электроэнергии система управления и связи.

Устранить перечисленные недостатки позволит создание беспилотного летательного аппарата, обладающего возможностью компактного хранения и транспортировки другими транспортными средствами, в том числе и воздушными носителями в сложенном, компактном состоянии, приводимого в рабочее положение в течение короткого времени, имеющего возможность выбора высоты, обладающего маневренностью и управляемостью в полете, возможностью длительного нахождения в воздухе за счет пополнения в полете энергоресурсов, способностью собирать и передавать информацию, обладающего высокой надежностью, небольшой массой и низкой стоимостью.

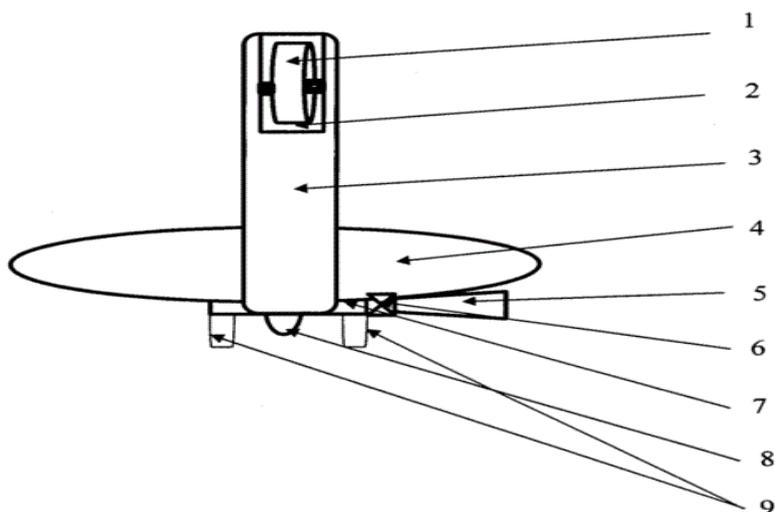
Разработанный беспилотный летательный аппарат для контроля поверхности земли [5], содержащий корпус, представляющий собой платформу с воздухонепроницаемой эластичной оболочкой с травящим клапаном, внутри которой расположены: система управления, включающая в себя информационно-управляющий модуль; блок системы спутниковой навигации ГЛОНАСС; приемно-передающее устройство; аккумуляторная батарея. Платформа с двух сторон оборудована крыльями, с нанесенной на их поверхность солнечной батареей, крылья имеют возможность складываться в месте крепления к платформе, и фиксируются в сложенном и раскрытом положении, они имеют вырезы, в которых размещены воздушно-винтовые электродвигатели. К платформе крепится съемный баллон, заполненный подъемным газом под давлением, через клапан, соединенный с оболочкой, в нижней части платформы размещена камера оптического и инфракрасного диапазона, защищенная полимерными дугами.

Платформа изготавливается из легкого и прочного композитного материала и представляет собой каркас, на котором крепятся все составные части БПЛА, в том числе и крылья, изготовленные из того же материала. Они представляют собой широкие пластины, на которые нанесены солнечные батареи, в крыльях сделаны вырезы для размещения воздушно-винтовых электродвигателей, винты которых закрыты защитным кожухом. На обоих концах крыла расположены фиксаторы: первые – расположенные у платформы и фиксируют крыло в раскрытом состоянии, вторые – удерживают крылья в сложенном состоянии. Вторые фиксаторы срабатывают при увеличении усилия на открывание.

Сверху платформы находится система управления, включающая в себя: информационно-управляющий модуль, блок системы спутниковой

навигации ГЛОНАСС, радиостанцию, аккумуляторную батарею. Все эти устройства находятся внутри радиопрозрачной, воздухонепроницаемой эластичной оболочки, которая при приведении беспилотного летательного аппарата для контроля поверхности земли в рабочее положение, наполняется подъемным газом. В рабочем положении воздухонепроницаемая эластичная оболочка занимает пространство над платформой, на ней в верхней части расположен травящий клапан для стравливания несущего газа при посадке. Нижняя часть платформы оборудована камерой оптического и инфракрасного диапазона и полимерными дугами, которые защищают оптику камеры от повреждений при посадке.

На рисунке 1 представлен беспилотный летательный аппарат для контроля поверхности земли в сложенном для транспортировки состоянии, а на рис. 2 в рабочем состоянии.



**Рис. 1. БПЛА для контроля поверхности земли
в сложенном для транспортировки состоянии**

На рисунке представлены следующие обозначения: 1 – воздушно-винтовой электродвигатель; 2 – вырез в крыле; 3 – крыло; 4 – воздухонепроницаемая эластичная оболочка; 5 – съемный баллон; 6 – клапан; 7 – платформа; 8 – камера оптического и инфракрасного диапазона; 9 – полимерные дуги.

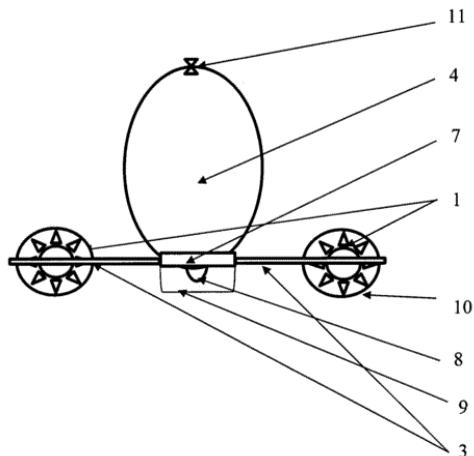


Рис. 2. БПЛА для контроля поверхности земли в рабочем состоянии

На рисунке представлены следующие обозначения: 1 – воздушно-винтовой электродвигатель; 3 – крыло; 4 – воздухонепроницаемая эластичная оболочка; 7 – платформа; 8 – камера оптического и инфракрасного диапазона; 9 – полимерные; 10 – защитный кожух; 11 – травящий клапан.

На рисунке 3 представлена схема электропитания, управления, сбора и передачи информации.



Рис. 3. Схема электропитания, управления, сбора и передачи информации

На рисунке представлены следующие обозначения: 12 – аккумуляторная батарея; 13 – солнечная батарея; 14 – приемо-передающее устройство; 15 – информационно-управляющий модуль; 16 – блока системы спутниковой навигации ГЛОНАСС.

Беспилотный летательный аппарат для контроля поверхности земли приводится в рабочее состояние и запускается за счет подъемного газа в месте базирования и с помощью имеющихся воздушно-винтовых электродвигателей расположенных в вырезах крыльев по командам пункта управления может следовать в район наблюдения. Возможна его транспортировка в сложенном состоянии с помощью различных транспортных средств, как автомобильных, морских так и воздушных. После доставки к месту запуска в соответствии с поставленной задачей подбирается съемный баллон, заполненный подъемным газом под давлением в объеме, необходимым для подъема беспилотного летательного аппарата для контроля поверхности земли с установленной системой управления и камерой оптического и инфракрасного диапазона на высоту оптимального наблюдения. Съемный баллон крепится к платформе через клапан, соединенный с облочкой, и приводится в действие автоматически (для применения с воздушных носителей) по команде пункта управления или в ручном режиме открытием клапана.

Воздухонепроницаемая эластичная оболочка заполняется подъемным газом и размыкает фиксаторы, удерживающие крылья в сложенном состоянии, они раскрываются и фиксируются в раскрытом положении. В зависимости от поступающего объема подъемного газа БПЛА занимает заданную высоту.

Солнечная батарея и аккумуляторная батарея обеспечивают потребителей электроэнергией. Беспилотный летательный аппарат для контроля поверхности земли переходит под управление пункта управления, информационно-управляющий модуль получает команды через приемопередающее устройство, периодически собирает информацию о координатах местонахождения от блока системы спутниковой навигации ГЛОНАСС и передает их на пункт управления, который рассчитывает оптимальный маршрут и характеристики движения. Управление скоростью движения и изменение курса осуществляется изменением мощности работы воздушно-винтовых электродвигателей. После прибытия в район наблюдения осуществляется удержание БПЛА над объектами наблюдения. Информационно-управляющий модуль с устанавливаемой пунктом управления дискретностью осуществляет съемку поверхности с помощью камеры оптического и инфракрасного диапазона и через приемопередающее устройство передает на пункт управления. Пункт управления задает различные варианты частоты определения места и съемки поверхности исходя из необходимости и запаса электроэнергии на БПЛА.

В дальнейшем, с помощью имеющихся в распоряжении пункта управления вычислительных средств, производится обработка полученной информации, наложение снимков для формирования точного портрета местности и контроля за перемещением объектов в районе наблюдения.

Беспилотный летательный аппарат для контроля поверхности земли за счет имеющихся воздушно-винтовых электродвигателей после выполнения задачи возвращается к месту базирования. В точке посадки информационно-управляющий модуль формирует команду на открытие травящего клапана, подъемный газ стравливается и аппарат совершает посадку.

Беспилотный летательный аппарат для контроля поверхности земли найдет широкое применение в различных сферах деятельности, обеспечивая выполнение различных задач, например контроль за лесными массивами с целью предупреждения пожаров и помощь при их тушении, контроль земель сельскохозяйственного назначения, контроль состояния трубопроводов и труднодоступной местности, контроль дорожного движения в населенных пунктах и за их пределами, экологическая и другие виды разведок.

Список использованных источников

1. Использование беспилотных летательных аппаратов для ведения мониторинга использования территорий. / О. Ю. Шевченко, А. Б. Боричевский. // Экономика и экология территориальных образований. 2015, №3.
2. Беспилотный комбинированный летательный аппарат (патент RU 2485018, 2013 г.)
3. Патент РФ №2652373 от 2018 г. Воздухоплавательный аппарат / А. А. Перфилов.
4. Патент РФ №2642210 от 2018 г. Воздухоплавательный аппарат / А. А. Перфилов.
5. Патент РФ №2776085 от 2022 г. Беспилотный летательный аппарат для контроля поверхности земли / А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков.

References

1. Shevchenko O.Yu., Borichevsky A.B. The use of unmanned aerial vehicles for monitoring the use of territories // Economics and ecology of territorial entities. 2015, No. 3.
2. Unmanned combined aerial vehicle (patent RU 2485018, 2013).
3. RF Patent No. 2652373 dated 2018. Aeronautical apparatus / Perfilov A. A.
4. Patent of the Russian Federation No. 2642210 dated 2018 Aeronautical apparatus / Perfilov A.A.
5. RF Patent No. 2776085 dated 2022. Unmanned aerial vehicle for monitoring the Earth's surface / Berdnikov A.Yu., Kukankov S.N.

М. Д. Дмитриев¹, А. В. Кузнецов²

(¹Тамбовский государственный технический университет,
Кафедра мехатроники и технологических измерений,
г. Тамбов, Россия

²Военная академия
Ракетных войск стратегического назначения
имени Петра Великого,
г. Балашиха, Россия)

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ОБРАЗА ОПТИМАЛЬНОГО СПЕЦИАЛИСТА

Аннотация. В статье рассматривается возможная модель нейронной сети для образа оптимального специалиста, предназначенная для тестирования знаний и определения пробелов в них. Нейронная сеть должна быть способна на основе результатов многоуровневого теста предоставить рекомендацию по улучшению образовательного курса будущего специалиста.

Ключевые слова: нейронная сеть, интеллектуальные системы, образование, тестирование знаний.

M. D. Dmitriev¹, A. V. Kuznetsov²

(¹Tambov State Technical University,
Department of mechatronics and technological measurements,
Tambov, Russia

²Peter the Great Military Academy
of the Strategic Missile Forces,
Balashikha, Russia)

CREATION OF A NEURAL NETWORK MODEL FOR THE OPTIMAL SPECIALIST MODEL

Abstract. The article discusses a possible neural network model for the optimal specialist model which is used for academic knowledge testing and finding gaps in it. This neural network have to be capable of providing recommendations for education course based on the results of a multi-layer educational test completed by a future specialist.

Keywords: neural network, intelligent systems, education, academic testing.

Целью данной статьи является концептуализация высокоэффективной методики для обучения и, в частности, проверки знаний специалистов. В этой сфере можно провести существенные улучшения, если разработать методику на основе образа оптимального специалиста и многоуровневых тестов. Образ, в свою очередь будет основан на интеллектуальных технологиях.

В качестве отправной точки для разработки принципиально новой методики проверки знаний специалистов выбран компетентностный подход. Компетентностным подходом подразумевается проверка знаний на основе разделения дисциплин в курсе обучения на профессиональные компетенции. Компетенция – это навык, необходимый специалисту для выполнения своих задач. Одни и те же компетенции могут повторяться в наборе предметов, так как предметы в курсе неразрывно связаны. Для становления будущего специалиста, тот должен понимать не только все дисциплины по отдельности, но и осознавать их связь.

Каждая компетенция, в свою очередь, делится на несколько индикаторов достижимости. Индикатор достижимости – более конкретная часть компетенции, на основе которой уже можно строить задачи для курса обучения. Для удовлетворения минимальным требованиям предмета, обучаемый должен обладать всеми навыками, составляющими индикаторы достижимости.

Для повышения эффективности компетентностного подхода, принято решение создать вспомогательную, но принципиально новую методологию для оценки знаний и определения пробелов в них с целью их дальнейшего исправления на основе интеллектуальных технологий. Такая методика, работая вместе с компетентностным подходом, поможет улучшить процесс оценивания и повысить не только оценку результата работы учеников, но и их успеваемость как таковую. Для разработки такой методики, нужно найти способ оценивать знания ученика на основе задач профессиональных компетенций с большим уровнем конкретизации и точности.

На рисунке 1 можно увидеть визуализацию набора параметров для одной из профессиональных компетенций и индикаторов достижимости, ее составляющих.

Тестируемые должны будут выполнить многоуровневый тест, основанный на наборе индикаторов достижимости из необходимых для обучения предметов. После этого значения теста будут подсчитаны и представлены в виде набора параметров успеваемости. Такие наборы построены на основе индикаторов достижимости и состоят из общего уровня и частных уровней.

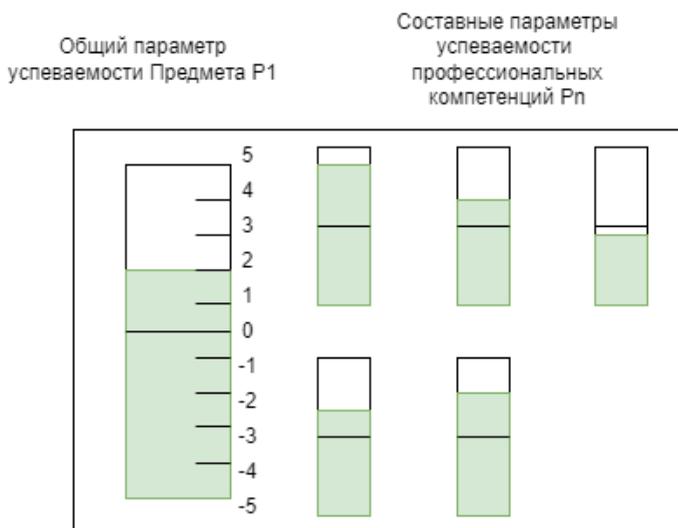


Рис. 1. Визуализация параметров успеваемости

После подсчета результатов (который может быть автоматизирован) образ оптимального специалиста должен обнаружить подход к исправлению ошибок и улучшению успеваемости. Осуществляется это с помощью нейронной сети, определяющей соотношение параметров успеваемости и утверждений о процессе обучения. Используя правильно подобранную структуру нейросети можно получить возможность с высокой точностью оценивать результаты работы специалистов с тестом.

Задача, которую нейросети предстоит решать – нахождение подхода к изменению образовательного курса для улучшения успеваемости учащихся на основе результатов специализированного, многоуровневого теста. Для этого, результаты теста будут представлены в виде набора параметров успеваемости от -5 до 5 . Нулевой уровень соответствует нормальному усвоению материала. В качестве рекомендации можно использовать утверждение вида: «изменить количество часов предмета X на значение Y». Количество нейронов на выходе в таком случае соответствует количеству проверяемых предметов, а значение Y и должна будет рассчитать нейросеть.

Таким образом, нейросеть должна анализировать уровень знаний. На данном этапе предлагается нейросеть, на входной слой которой поступают значения параметров успеваемости, полученные из этапа тестирования.

Каждый нейрон соответствует определенному параметру успеваемости. Размерность сети совпадает с количеством значений параметров. Последовательный ввод данных отсутствует, так как наш набор данных не разделен на временные промежутки.

Нейросеть содержит два скрытых слоя. Число нейронов каждого скрытого слоя соответствует числу нейронов входного слоя. Это решение следует из того, что обширные, но неглубокие сети хуже обобщают и проще запоминают, что невыгодно для нашей задачи. Но глубокая сеть тоже не подойдет, помимо точности, нам также важна и скорость. Компромисс в виде двух скрытых слоев позволит повысить способность сети находить скрытые соотношения между нейронами. Возможно, в будущем, при более углубленном анализе проблемы, необходимо будет использовать глубокую нейросеть на основе архитектуры *LSTM* или *BRNN*.

Проблему поиска значений можно классифицировать как регрессию. Это означает, что для активации выходного слоя нам подойдет линейная функция.

В скрытых слоях, на данном этапе можно использовать функцию активации «параметрическая *ReLU*». Она не слишком сложна и включает решение проблемы мертвых нейронов, возникающих при использовании классической *ReLU*-функции. Используя параметр функции a , можно иметь дополнительный уровень контроля над процессом функционирования нейросети. На рисунке 2 можно увидеть график для «параметрической *ReLU*».

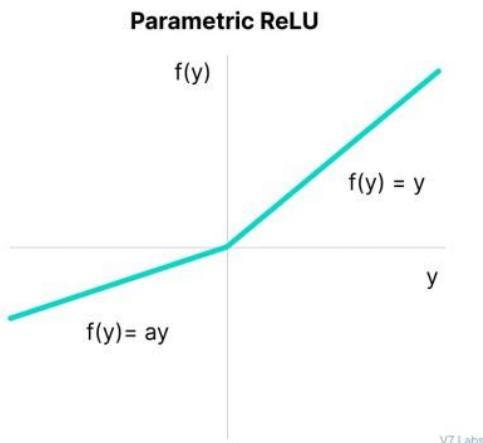


Рис. 2. График «параметрическая ReLU»

На выходном слое мы ожидаем числовое значение перераспределенных часов для каждого предмета. То есть, каждый выход – это число, отрицательное или положительное, соответствующее перераспределенным часам. Выходов столько, сколько предметов было разобрано в тесте. Обучение можно провести на наборах данных, проверенных экспертами. На рисунке 3 можно увидеть предварительный концепт нейросети.

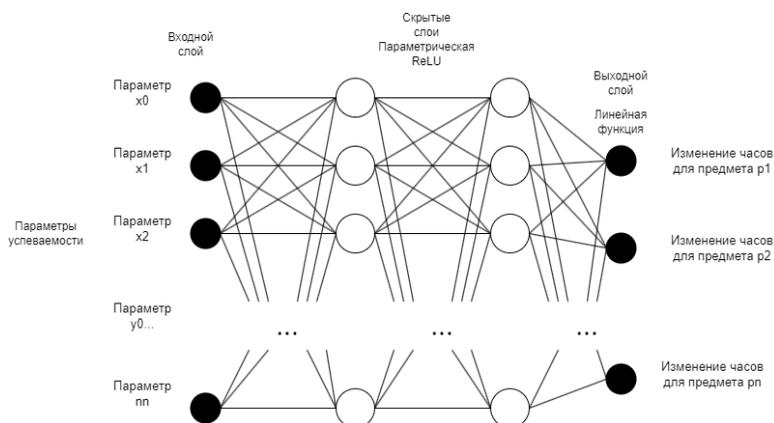


Рис. 3. Модель предлагаемой нейросети

Это нейросеть с входным слоем, на вход которого подаются числовые значения параметров успеваемости и после активации нейронов скрытых слоев, линейная функция на выходном слое предоставляет изменение часов предмета. В случае развития методики, возможно на выходных нейронах могут быть более развитые рекомендации.

После определения методики создания теста, проведения пробного тестирования и проведения тестирования нейросети, можно выявить дополнительные проблемы и требования к модулям образа оптимального специалиста.

Список использованных источников

1. Медведев, В. С., Потемкин, В. Г. Нейронные сети. MATLAB 6 / В. С. Медведев, В. Г. Потемкин. – М. : ДИАЛОГ-МИФИ, 2001. – 630 с.
2. Sequence Modelling: Recurrent and Recursive Nets. – URL: <https://www.deeplearningbook.org/contents/rnn.html> (дата обращения: 10.05.2025).
3. Activation Functions in Neural Networks. – URL: <https://www.v7labs.com/blog/neural-networks-activation-functions> (дата обращения: 15.05.2025).

References

1. Medvedev, V. S. Neural Networks. MATLAB 6. / V. S. Medvedev, G. Potemkin. – М. : DIALOG-MIFI, 2001. – 630 p.
2. Sequence Modelling: Recurrent and Recursive Nets. – URL: <https://www.deeplearningbook.org/contents/rnn.html> (date of address: 10.05.2025)
3. Activation Functions in Neural Networks. – URL: <https://www.v7labs.com/blog/neural-networks-activation-functions> (date of address: 15.05.2025).

УДК 623.746.4-519

А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков
(Войсковая часть 2462,
г. Москва, Россия)

СИСТЕМА ВОЗДУШНОГО НАБЛЮДЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Аннотация. В статье рассмотрен подход к использованию различных видов беспилотных летательных аппаратов для воздушного наблюдения, рассмотрен опыт их создания и эксплуатации, пути повышения мобильности, энергообеспечения и увеличение длительности полета.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, аэростат, квадрокоптер, видеонаблюдение, энергообеспечение.

A. Y. Berdnikov, S. N. Kukankov
(Military unit 2462,
Moscow, Russia)

AERIAL SURVEILLANCE SYSTEM USING UNMANNED AERIAL VEHICLES

Abstract. The article considers an approach to using various types of unmanned aerial vehicles for aerial surveillance, examines the experience of their creation and operation, ways to increase mobility, energy supply and increase flight duration.

Keywords: unmanned aerial vehicle, balloon, quadcopter, video surveillance, power supply.

В настоящее время в основном оперативное обследование больших сухопутных и водных поверхностей производится с помощью авиационных комплексов на базе самолетов, вертолетов или космических аппаратов. В последнее время активно развиваются направления по использованию БПЛА. Эти технологии обладают рядом преимуществ, не требуют специально подготовленных площадок и стартовых комплексов, БПЛА сравнительно недороги в отличие от больших авиакомплексов, их применение не связано с риском для обслуживающего персонала. Многие страны успешно разрабатывают и внедряют БПЛА самолетного типа, получившие наибольшее развитие и, как следствие, распространение, а также активно применяются аппараты вертолетного, коптерного и аэростатного типа для разного вида деятельности. Особенностью этих комплексов является возможность вертикального взлета и посадки, что определяет их основные преимущества (по сравнению с БПЛА самолетного типа).

Активное развитие электроники позволяет создавать как большие, так и довольно миниатюрные летательные комплексы с широким спектром возможностей, начиная от простого фото и видеонаблюдения в видимом спектре и заканчивая установкой тепловизионных и лазерных считывающих устройств. Если рассматривать возможность применения БПЛА для нужд, как народного хозяйства, так и в военной деятельности для получения необходимых данных, то их применение раскрывает большие перспективы развития данных технологий.

Разработан гибридный дирижабль [1], состоящий из шаровидной оболочки фиксированного объема, заполненной легким газом, установленной на воздухоплавательном отсеке, от которой крестообразно отходят в стороны кронштейны с воздушно-винтовыми авиадвигателями на их оконечностях.

Слабым местом этого устройства является оболочка, которая выполнена мягкой, ее неполное газозаполнение ведет к утрате ею шаровидной формы, ткань оболочки будет свисать произвольными складками без натяжения, что ухудшает обтекаемость и повышает парусность аппарата.

Также существует беспилотный авиационный комплекс фирмы «Израел Аэроспэйс Индастриз ЛТД» [2], включающий наземную станцию и беспилотный привязной летательный аппарат в виде платформы, несущей полезную нагрузку и движитель в виде четырех вентиляторов с электроприводом. Привязь, связывающая наземную станцию с платформой беспилотного летательного аппарата, состоит из силового троса и многофункционального кабеля, обеспечивающего электрическую связь и связь управле-

ния. Воздушные винты вентиляторов обеспечивают вертикальную подъемную силу и позволяют поддерживать заданную высоту платформы на режиме висения и полета. Винты вентиляторов могут выполняться с изменяемым углом установки лопастей или снабжаться щитками регулируемого отклонения для изменения пространственного положения БПЛА.

Использование этого авиационного комплекса на свободной привязи, требует сложной системы отслеживания пространственного положения платформы и управления им. Сложность системы управления и стабилизации положения беспилотного летательного аппарата приводит к повышению веса БПЛА и снижению его надежности и обуславливает высокую стоимость элементов системы.

Наиболее интересным является комплекс аппаратуры для воздушного наблюдения [3], включающий размещение тепловизионной камеры на привязном аэростате с возможностью кругового вращения камеры вокруг вертикальной оси и изменения угла наклона камеры к вертикальной оси за счет размещения ее на горизонтальном валу.

Это устройство осуществляет наблюдение только в одном диапазоне спектра частот и имеет недостаточную дальность наблюдения, низкую мобильность и может ограничено использоваться на местности со сложным рельефом и ограниченными подъездными путями.

Для максимального использования потенциала средств наблюдения с БПЛА является создание мобильной системы наблюдения, соединяющей в себе положительные черты как мультикоптера, так и аэростата, – системы, которая будет иметь возможность скрытно развешиваться в самых труднопроходимых местах, и длительное время вести наблюдение за протяженным участком местности.

Такой результат можно достичь, объединив мультикоптер и привязной аэростат в аэромобильной системе воздушного наблюдения [4]. Аэростат расположен в центральной части мультикоптера, во время доставки к месту наблюдения он зафиксирован стопорами в сложенном состоянии. Верхняя часть аэростата представляет собой жесткую полусферу с нанесенной солнечной батареей и травящим клапаном. Средняя часть аэростата выполнена из эластичного газонепроницаемого материала, внутри которого расположен баллон с клапаном, заполненный сжатым подъемным газом. Нижняя часть аэростата представляет собой платформу с видеокамерой кругового обзора нижней сферы в видимом и инфракрасном спектре. На мультикоптере расположены, равномерно распределенные по весовым характеристикам, блоки глобальной навигационной системы GPS/ГЛОНАСС, систе-

мы связи и управления, аккумуляторные батареи. В нижней части мультикоптера для установки и возвращения аэростата расположена электролебедка. Трос, используемый для подъема и спуска аэростата, представляет собой антенну радиосвязи, кабель управления и электропитания, по нему электроэнергия, вырабатываемая солнечной батареей или от аккумуляторной батареи, поступает потребителям, а полученное изображение через систему управления передается на пункт управления.

На рисунке 1 представлена аэромобильная система воздушного наблюдения в готовности к перелету к месту наблюдения.

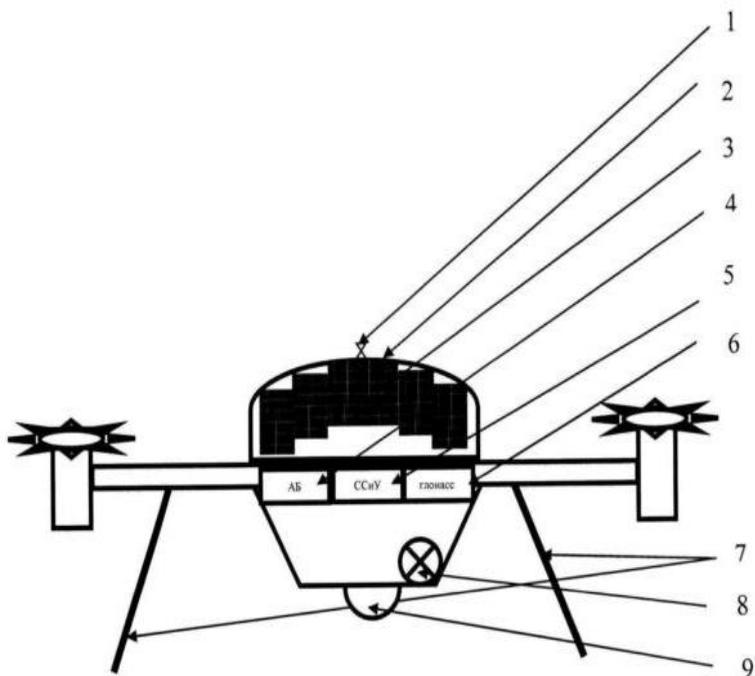
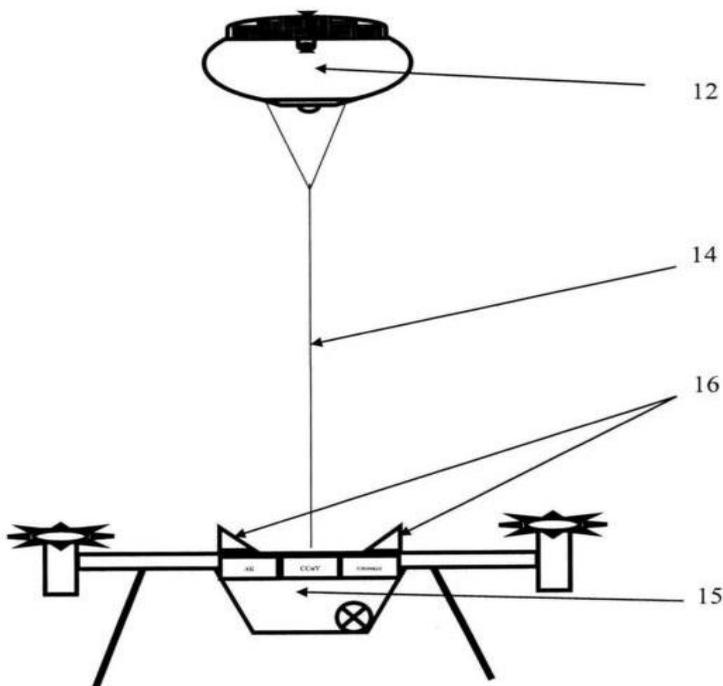


Рис. 1. Аэромобильная система воздушного наблюдения

На рисунке представлены следующие обозначения: 1 – травящий клапан; 2 – жесткая полусфера; 3 – солнечная батарея; 4 – аккумуляторная батарея; 5 – система связи и управления; 6 – блоки глобальной навигационной системы GPS/ГЛОНАСС; 7 – шасси; 8 – электролебедка; 9 – видекамера.

На рисунке 2 представлен привязной аэростат аэромобильной системы воздушного наблюдения.



**Рис. 2. Привязной аэростат аэромобильной системы
воздушного наблюдения**

На рисунке представлены следующие обозначения: 12 – корпус аэростата; 14 – трос; 15 – мультикоптер; 16 – стопорные устройства.

Аэромобильная система воздушного наблюдения при помощи транспортных средств доставляется в район применения. В дальнейшем осуществляется подготовка к полету. Запускаются двигатели и мультикоптер под управлением оператора осуществляет взлет и движение в заданном направлении. Оператор с помощью видеокамеры аэромобильной системы воздушного наблюдения выбирает место и осуществляет посадку мультикоптера. При необходимости имеется возможность осуществления полета мультикоптера в заданную точку местности в автоматическом режиме по координатам глобальной навигационной системы GPS/ГЛОНАСС. После посадки мультикоптера, по программе или команде оператора система связи и управления формирует команду на открытие клапана на баллоне со сжатым подъемным газом, находящемся в корпусе аэростата. Корпус аэростата заполняется подъемным газом, размыкаются стопорные устрой-

ства и аэростат осуществляет подъем. Высота подъема регулируется разматыванием троса с электролебедки и задается системой связи и управления в зависимости от команд, полученных с пункта управления.

Видеокамера кругового обзора, расположенная на платформе, осуществляет обзор местности. В зависимости от времени суток и необходимости наблюдение осуществляется как в видимом, так и инфракрасном спектре. Для экономии электроэнергии возможно наблюдение в дискретном режиме.

Электроэнергия для полета мультикоптера, средств наблюдения, связи и управления обеспечивается за счет использования аккумуляторной батареи и солнечной батареи. Солнечная батарея позволяет пополнять запасы электроэнергии в аккумуляторной батарее. Возможность пополнения энергии позволяет аэромобильной системе воздушного наблюдения длительное время осуществлять наблюдение за данной местностью. Полученное изображение в реальном масштабе времени, по определенной программе или запросу передается системой связи и управления на пункт управления.

При необходимости увеличения зоны наблюдения или оперативного изменения цели наблюдения возможно перемещение аэромобильной системы воздушного наблюдения в развернутом виде как по высоте, так и по месту нахождения объекта.

По окончании задач наблюдения организуется приведение аэромобильной системы воздушного наблюдения в готовность к перелету к месту дислокации или встречи. Для этого по команде с пункта управления система связи и управления выдает команду на электролебедку и на травящий клапан. Аэростат избавляется от подъемного газа, уменьшает объем и затягивается внутрь мультикоптера. Жесткая полусфера фиксируется в стопорных устройствах. Платформа с видеокамерой становится на штатное место для крепления в мультикоптере. По готовности и команде с пункта управления запускаются двигатели мультикоптера и осуществляется взлет. Полет осуществляется по координатам глобальной навигационной системы GPS/ГЛОНАСС или под управлением оператора.

Использование аэромобильной системы воздушного наблюдения позволяет оперативно организовывать наблюдение за интересующими участками местности, скрытно разворачивать систему наблюдения в труднопроходимых местах и длительное время вести наблюдение, обеспечивая наблюдение за протяженным участком местности как самостоятельно, так и с учетом ранее размещенных на местности имеющихся технических средств.

Список использованных источников

1. Патент WO 2008025139 от 2008 г. Гибридный дирижабль.
2. Заявка WO 2007/141795 от 2007 г. Беспилотный авиационный комплекс фирмы «Израел Аэроспэйс Индастриз ЛТД».
3. Патент РФ №2535381 от 2014 г. Комплекс аппаратуры для воздушного наблюдения / С. Н. Доля, С. С. Доля.
4. Патент РФ №2782479 от 2022 г. Аэромобильная система воздушного наблюдения / А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков.

References

1. Patent WO 2008025139 of 2008 Hybrid airship.
2. Application WO 2007/141795 dated 2007. Unmanned aircraft complex of Israel Aerospace Industries Ltd.
3. Patent of the Russian Federation No. 2535381 dated 2014. Complex of equipment for aerial surveillance / Share S.N., Share S.S.
4. Patent of the Russian Federation No. 2782479 dated 2022. Aeromobile aerial surveillance system / Berdnikov A.Yu., Kukankov S.N.

УДК 378.146

М. Д. Дмитриев¹, А. В. Кузнецов²

¹Тамбовский государственный технический университет,
Кафедра мехатроники и технологических измерений,
г. Тамбов, Россия

²Военная академия
Ракетных войск стратегического назначения
имени Петра Великого,
г. Балашиха, Россия)

МЕТОДИКА ПОДСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ УСПЕВАЕМОСТИ ДЛЯ ОБРАЗА ОПТИМАЛЬНОГО СПЕЦИАЛИСТА

Аннотация. Рассмотрена возможный процесс подсчета результатов выполнения теста для разрабатываемой принципиально новой методики проверки знаний на основе индикаторов достижимости. В методике используется образ оптимального специалиста на основе интеллектуальных технологий, и, для адаптации входных данных под вышеназванный оптимальный образ и создан метод подсчета, приведенная в статье.

Ключевые слова: автоматизированная система, образование, академическое тестирование, обработка данных.

M. D. Dmitriev¹, A. V. Kuznetsov²

(¹Tambov State Technical University,
Department of mechatronics and technological measurements,
Tambov, Russia

²Peter the Great Military Academy
of the Strategic Missile Forces,
Balashikha, Russia)

A METHOD FOR CALCULATING ACADEMIC PERFORMANCE PARAMETERS FOR THE OPTIMAL SPECIALIST MODEL

Abstract. The article discusses a possible method for calculating testing exam results for the new in-development methodology for analyzing education level based on attainability indicators. The optimal specialist model based on intelligent systems is used in the methodology, thus requiring the method to be used in order to adapt the data for it.

Keywords: automated system, education, academic testing, data processing.

Целью данной статьи является концептуализация высокоэффективной методики для обучения и, в частности, проверки знаний специалистов. В этой сфере можно провести существенные улучшения [1, 2], если разработать методику на основе образа оптимального специалиста и многоуровневых тестов. Образ, в свою очередь будет основан на интеллектуальных технологиях.

В качестве отправной точки для разработки принципиально новой методики проверки знаний специалистов выбран компетентностный подход. Компетентностным подходом подразумевается проверка знаний на основе разделения дисциплин в курсе обучения на профессиональные компетенции. Компетенция – это навык, необходимый специалисту для выполнения своих задач. Одни и те же компетенции могут повторяться в наборе предметов, так как предметы в курсе неразрывно связаны. Для становления будущего специалиста, тот должен понимать не только все дисциплины по отдельности, но и осознавать их связь.

Каждая компетенция, в свою очередь, делится на несколько индикаторов достижимости. Индикатор достижимости – более конкретная часть компетенции, на основе которой уже можно строить задачи для курса обучения. Для удовлетворения минимальным требованиям предмета, обучаемый должен обладать всеми навыками, составляющими индикаторы достижимости.

Для повышения эффективности компетентностного подхода, принято решение создать вспомогательную, но принципиально новую методологию для оценки знаний и определения пробелов в них с целью их дальнейшего исправления на основе интеллектуальных технологий. Такая методика, работая вместе с компетентностным подходом, поможет улучшить процесс оценивания и повысить не только оценку результата работы учеников, но и их успеваемость как таковую. Для разработки такой методики, нужно найти способ оценивать знания ученика на основе задач профессиональных компетенций с большим уровнем конкретизации и точности.

Тестируемые должны будут выполнить многоуровневый тест, основанный на наборе индикаторов достижимости из необходимых для обучения предметов. Для каждого индикатора достижимости из каждой профессиональной компетенции из каждого предмета курса составляется, на основе новой методологии, набор вопросов. Компетенции предметов могут пересекаться, поэтому некоторые индикатору могут дублироваться, но вопросы будут касаться разных предметных областей. В таком случае, если имеем дело с курсом, состоящим из P_i предметов, каждый из которых состоит из K_i компетенций, каждая из которых, в свою очередь состоит из I_i индикаторов, и по каждому составлено количество вопросов Q_i , то тест на основе, например, набора профессиональных компетенций курса ТГТУ 15.04.06 «Беспилотные робототехнические платформы» (рис. 1), будет состоять из максимум 210 вопросов, если считать, что один индикатор соответствует одному вопросу [3].

Индекс дисциплины	Наименование дисциплины (модуля)	Формируемые компетенции					
Б1	Дисциплины (модули)						
Б1.0	Обязательная часть						
Б1.0.01	Технологическое предпринимательство	УК-2	УК-6				
Б1.0.02	Международная профессиональная коммуникация	УК-4					
Б1.0.03	Деловое общение и профессиональная этика	УК-5					
Б1.0.04	Основы научных исследований	УК-1	ОПК-1	ОПК-14			
Б1.0.05	Моделирование мехатронных систем	ОПК-1	ОПК-4	ОПК-13			
Б1.0.06	Информационные технологии в научных исследованиях	ОПК-2	ОПК-4	ОПК-6			
Б1.0.07	Экономический анализ мехатронных систем	ОПК-3	ОПК-8				
Б1.0.08	Охрана труда на предприятии	ОПК-7	ОПК-10				
Б1.0.09	Программирование беспилотных летательных аппаратов	ОПК-2	ОПК-11				
Б1.0.10	Приборы и средства навигации	ОПК-5	ОПК-9	ОПК-12			
Б1.0.11	Приводы и сервомеханизмы роботизированных платформ	ОПК-5	ОПК-9	ОПК-12			
Б1.0.12	Программируемые контроллеры	ОПК-9	ОПК-12				

Рис. 1. Фрагмент таблицы профессиональных компетенций

Результирующий тест получается очень объемным, и, оценивать его в соответствие с классической системой не является хорошим решением. Тест должен быть использован для оценки общего уровня знаний ученика с целью нахождения дальнейшей рекомендаций к его работе.

После проверки, значения теста будут подсчитаны и представлены в виде набора параметров успеваемости. Такие наборы построены на основе индикаторов достижимости и состоят из общего уровня и частных уровней. Общий уровень соответствует уровню знаний для определенной профессиональной компетенции. Составные параметры отражают успеваемость по каждому индикатору достижимости.

На количество и тип параметров может повлиять экспертное мнение, но в основе подхода лежит представление индикаторов в виде уровня успеваемости. В таком виде образ оптимального специалиста, лежащий в основе всей методики, сможет использовать данные, извлеченные из теста в нейросети, для нахождения подхода к улучшению образовательного курса ученика.

Для расчета баллы за тест, где один вопрос равен одному баллу, подсчитываются в набор параметров успеваемости. Каждый параметр изменяется от -5 до 5 – значение 0 – нормальный уровень знаний, отрицательное значение – нехватка знаний, положительное – высокий уровень знаний.

Для составных параметров группы, то есть для каждой профессиональной компетенции по отдельности и для общего значения группы параметров, то есть для конкретного предмета параметры успеваемости равны:

$$X_{ij} = -0,5 \frac{\sum_{k=1}^{Q_{ij}} q_{kij}}{Q_{ij}};$$

$$X'_i = -0,5 + \frac{\sum_{k=1}^{Q_{ij}} q_{kij} + \sum_{k=1}^{Q_{i+1 j+1}} q_{k_{i+1 j+1}} + \dots + \sum_{k=1}^{Q_{i+n j+m}} q_{k_{i+n j+m}}}{Q_{ij} + Q_{i+1 j+1} + \dots + Q_{i+n j+m}},$$

где X_{ij} – это параметр успеваемости для j -й профессиональной компетенции i -го предмета; Q_{ij} – количество вопросов, соответствующих параметру успеваемости X_{ij} ; q_{kij} – баллы за вопросы по параметру успеваемости X_{ij} .

X'_i – это параметр успеваемости для i -ого предмета.

Наглядно можно визуальнo представить как набор шкал (рис. 2).

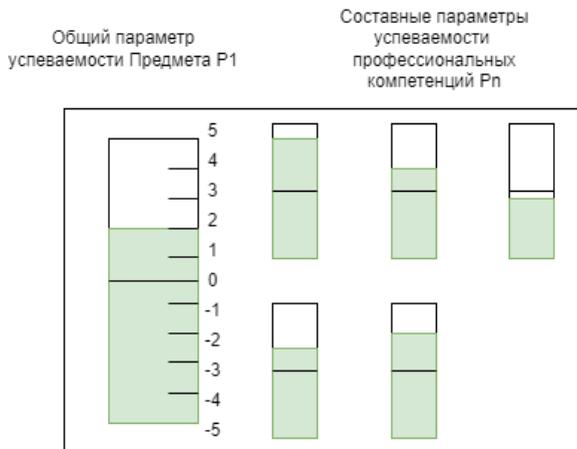


Рис. 2. Визуализация параметров успеваемости

Значения параметров успеваемости далее поступают на входной слой нейросети образа оптимального специалиста. В результате работы такой сети, на выходном слое будут представлены выражения, предлагающие самое эффективное перераспределение часов обучаемого для повышения его успеваемости.

Список использованных источников

1. Индикаторы в управлении образованием: что показывают и куда ведут? / М. Л. Агранович. // Журнал «Вопросы образования». – 2008. – С. 120 – 145.
2. Трансформация модели высшего образования под влиянием цифровизации. / В. Б. Попова. // Журнал «Наука и образование». – 2023.
3. 3. Официальный сайт ФГБОУ «ТГТУ», образовательная программа «Беспилотные робототехнические платформы». – URL: https://www.tstu.ru/svedenPDF/education24/Tab08-pdf/mag/op/op_15.04.06.02_2024.pdf (дата обращения: 25.05.2025).

References

1. Indicators in education control: what do they show and where do they lead? / M. L. Agronovich. // Questions in education journal. – 2008. – P. 120 – 145.
2. Transformation of higher education model under the influence of digitalization. / V. B. Popova. // Science and education journal. – 2023.
3. Official Tambov State Technical University website, education course for “Unmanned robotic platforms”. – URL: https://www.tstu.ru/svedenPDF/education24/Tab08-pdf/mag/op/op_15.04.06.02_2024.pdf (date of address: 25.05.2025).

А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков
(Войсковая часть 2462,
г. Москва, Россия)

БЕСПИЛОТНЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ ДЛЯ ПОРАЖЕНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРОТИВНИКА

Аннотация. В статье рассмотрен подход к использованию беспилотных летательных аппаратов по противодействию летательным аппаратам и наземным радиоэлектронным средствам, рассмотрен опыт создания и эксплуатации, энергообеспечения и увеличение длительности полета.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, электромагнитный импульс, генератор, боевой заряд, солнечная батарея.

A. Y. Berdnikov, S. N. Kukankov
(Military unit 2462,
Moscow, Russia)

AN UNMANNED AERIAL VEHICLE FOR DESTROYING THE ELECTRONIC DEVICES OF ENEMY AIRCRAFT

Abstract. The article considers an approach to the use of unmanned aerial vehicles to counteract aircraft and ground-based electronic means, examines the experience of creation and operation, energy supply and increase in flight duration.

Keywords: unmanned aerial vehicle, electromagnetic pulse, generator, warhead, solar battery.

Согласно разным данным, в настоящее время ведущие страны мира разрабатывают перспективные виды вооружения, использующие т.н. новые физические принципы. Уже получены определенные успехи в тех или иных сферах, а кроме того, новое оружие становится поводом для серьезного беспокойства со стороны военных или аналитиков.

Следует напомнить основные положения концепции оружия, использующего электромагнитный импульс (ЭМИ). Такое оружие представляет собой генератор кратковременного мощного импульса и предназначается для борьбы с радиоэлектронными системами противника. Мощный ЭМИ должен создавать наводки в электрических цепях вражеской аппаратуры и

буквально сжигать ее. После успешной атаки с применением ЭМИ, в теории, противник лишается возможности использования средств связи и управления, локаторов и бортовых систем техники.

Главным техническим средством получения мощных электромагнитных импульсов, составляющих основу низкочастотного электромагнитного оружия (ЭМО), является генератор с взрывным сжатием магнитного поля. Другим потенциальным типом источника низкочастотной магнитной энергии высокого уровня может быть генератор электромагнитных импульсов, приводимый в действие с помощью ракетного топлива или взрывчатого вещества. Боевой заряд доставляет в зону поражения аппаратуру, которая становится источником губительного излучения для полупроводников, транзисторов, плат и микросхем [1]. Наиболее уязвимы для ЭМИ активные фазированные антенные решетки, которые входят в состав радиоэлектронных станций (РЭС) современных боевых самолетов и кораблей, наземных комплексов ПВО, средства радиосвязи, системы управления самолетов, БПЛА, ракет и др.

Одним из первопроходцев в сфере электромагнитного оружия считается академик Андрей Сахаров, который еще в 1950-х годах предложил концепцию неядерной бомбы с ЭМИ. Научно-исследовательские и опытно-конструкторские изыскания в этой области стартовали в СССР и в западных странах в 1960-х.

В настоящее время разработки в этой области вышли на новый уровень, в область практического применения. Ранее США уже применяли управляемую бомбу с ЭМИ в 1999 г. против Сербии. Бомба была управляемой, вероятное отклонение директрисы облучения от точки прицеливания было меньше десяти метров. Радиус поражения этой электромагнитной бомбы не превышал 200 м. Результатом ее действия было отключение телевидения на несколько часов. В 2003 г. США неоднократно применяли такие бомбы против Багдада и других городов Ирака, мощность таких бомб была значительно больше. В пресс-релизе от 21.07.2021 американской военно-промышленной компании Raytheon, занимающейся непосредственной разработкой беспилотников, сообщили о результате некинетического теста системы Coyote Block 3. Им удалось успешно поразить 10 дронов, отличавшихся «размерами и сложностью, маневренностью и дальностью». Также достигнут ряд значительных успехов в области поражения целей с помощью некинетического оружия «воздух-воздух», продемонстрирована живучесть, восстановление и повторное использование беспилотника во время одного и того же тестового мероприятия.

Известно, что работы по теме ЭМО ведутся и в нашей стране. Несколько лет назад в отечественной прессе появилась информация о разработке перспективного ракетного комплекса с боевой частью в виде электромагнитного боезаряда. Это изделие получило известность под названием «Алабуга». Известно и о ряде других разработок по этой тематике. Некоторые из них нашли отражение в базе данных Федерального института промышленной собственности.

Так известен способ борьбы с беспилотными летательными аппаратами ближнего и малого радиуса действия [2], заключающийся в обнаружении беспилотного летательного аппарата, определении расстояния до него, ориентации в его сторону излучающей антенны, расчете мощности излучения и генерации электромагнитного излучения, отличающийся тем, что длины волн электромагнитного излучения выбирают в диапазоне 10 – 20 см, при этом за счет изменения мощности генерации электромагнитного излучения задают мощность излучения антенны, обеспечивающую наведение токов на паразитных антеннах беспилотного летательного аппарата, достаточных для вывода из строя бортовой системы управления. Этот способ требует сложной конструктивной реализации, сочетающей в себе необходимость обеспечения точности обнаружения и определения дальности до БПЛА и точности наведения на него излучающей антенны, а также необходимость использования энергоемких источников энергии.

Разработан также взрывной генератор электромагнитных импульсов [3], включающий металлический корпус из конструкционного материала, основной заряд бризантного взрывчатого вещества и систему инициирования детонации, включающую взрывные элементы – инициирующие устройства, дополнительные передаточные и/или усилительные детонаторы и комплект вспомогательных приспособлений и устройств, обеспечивающих задействование взрывных элементов инициирующих устройств, корпус выполнен составным из двух одинаковых частей либо коробчатого типа, имеющих не закрытую форму и представляющих собой две параллельные пластины с загнутыми навстречу краями, либо имеющих форму полусфер или полуэллипсоидов, направленных открытыми полостями навстречу друг другу, при соблюдении условия отсутствия контакта между ними, изготовленных из тонкого, толщиной до 0,5 мм, листа алюминия или алюминий-магниевого сплава, скрепленных между собой по крайней мере одним стягивающим приспособлением из тонкого электроизоляционного материала в виде изолянта, либо клеящей ленты типа «Скотч», при этом основной заряд представляет собой либо литые или прессованные шашки индивиду-

альных или смесевых взрывчатых веществ, либо заряды пластичных или эластичных взрывчатых веществ, повторяющих по форме сложенные вместе внутренние полости частей корпуса с учетом гарантированного зазора между этими частями, а система инициирования выполнена двухсторонней, где однотипные взрывные элементы и однотипные детонаторы размещены навстречу друг другу на оси устройства в зазорах между частями корпуса. В средней части основного заряда на равном удалении от дополнительных детонаторов и/или взрывных элементов – инициирующих устройств размещена шашка из плазмообразующего состава, содержащего ультрадисперсный алюминий.

У этого устройства неизбирательность воздействия ЭМИ на радиоэлектронные средства, что накладывает определенные ограничения на применение, для достижения наибольшего эффекта поражения необходимо наращивать мощность генерируемых импульсов, что напрямую влияет на массу пластин и массу взрывчатого вещества и отражается на массогабаритных характеристиках устройства или требует максимального приближения к объекту поражения.

Для борьбы с БПЛА существует способ функционального подавления беспилотных летательных аппаратов [4], заключающийся в обнаружении беспилотного летательного аппарата, доставки в область на расстоянии 50 – 100 метров, от беспилотного летательного аппарата при помощи пускового устройства патрона, содержащего боевой заряд, источник электропитания, заряд самоликвидации через трассер, предназначенный для самоуничтожения устройства с одновременным созданием облака поражающих элементов, «электромагнитного заряда» с элементами, обеспечивающими функциональное подавление беспилотного летательного аппарата, а также генератор сверхкоротких сверхвысокочастотных радиоимпульсов, который осуществляет генерацию серии сверхкоротких сверхвысокочастотных радиоимпульсов в диапазоне частот 0,5 – 10 ГГц в сторону беспилотного летательного аппарата до полного разряда источника электропитания, производства подрыва заряда самоликвидации на расстоянии 50 – 80 метров от поражаемого беспилотного летательного аппарата, в результате чего образуется поле поражающих элементов, которое приводит к физическому повреждению и уничтожению беспилотного летательного аппарата.

У этого способа вместе со сложностью конструктивной реализации, существует потребность значительных энергетических затрат на реализацию подавления. В тоже время имеется избыточность применения нескольких различных способов поражения БПЛА. Избежать перечисленных выше

недостатков позволит создание беспилотной системы, способной в короткий промежуток времени осуществлять развертывание на большой высоте, длительное время находиться в воздухе. Системы имеющей способность обнаруживать, сближаться и поражать воздушные и наземные объекты противника, имеющие в своем составе радиоэлектронную аппаратуру, состоящую из полупроводников, плат и микросхем.

Исходя из этого был разработан проект беспилотного летательного аппарата для поражения радиоэлектронных средств противника [5], состоящий из беспилотного летательного аппарата носителя и отделяемого от него боевого заряда. Корпус беспилотного летательного аппарата цилиндрической формы, с убираемыми внутрь корпуса рулями, средствами наблюдения и складывающимися крыльями, помещен в транспортно-пусковой контейнер.

Боевой заряд представляет собой отделяемый реактивный снаряд с взрывным генератором электромагнитных импульсов и системой дистанционного подрыва.

Корпус беспилотного летательного аппарата имеет убирающиеся горизонтальные и вертикальные рули в передней части корпуса, выдвигающую систему наблюдения в верхней и нижней полусферах, представляющую собой камеры оптического и инфракрасного диапазона, складывающиеся крылья в средней части корпуса, на крылья и верхнюю часть корпуса нанесена солнечная батарея, внутри корпуса размещаются: система управления, система связи, блок спутниковой навигационной системы ГЛОНАСС, аккумуляторная батарея, парашютная система, электродвигатель с винтовым толкающим движителем со складывающимися лопастями. К задней части корпуса расположен твердотопливный разгонный, отделяемый блок.

На рисунках 1 и 2 представлены схемы беспилотного летательного аппарата для поражения радиоэлектронных средств противника.

На рисунке 3 представлена схема боевого заряда.

Применяется беспилотный летательный аппарат для поражения радиоэлектронных средств противника следующим образом: в собранном состоянии, в транспортно-пусковом контейнере транспортируется в район предполагаемого использования противником БПЛА или развертывания радиоэлектронных средств. При выявлении опасности применения или обнаружения средствами наблюдения БПЛА противника производится запуск устройства. Запуск производится из транспортно-пускового контейнера в сторону возможного нахождения целей.

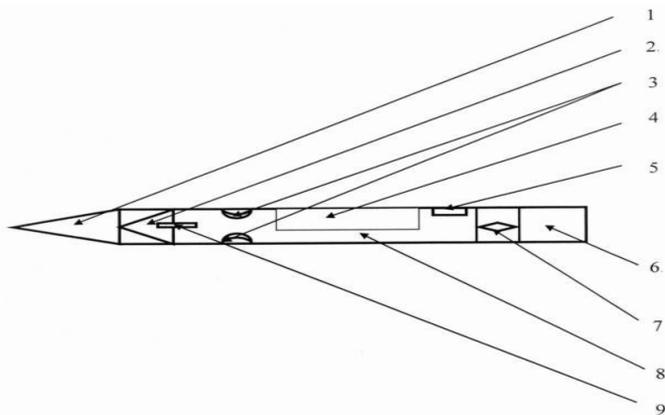


Рис. 1. Схема беспилотного летательного аппарата для поражения радиоэлектронных средств противника

На рисунке представлены следующие обозначения: 1 – боевой заряд; 2 – конусообразная передняя часть корпуса; 3 – система наблюдения; 4 – складывающиеся крылья; 5 – парашютная система; 6 – твердотопливный разгонный, отделяемый блок; 7 – винтовой толкающий движитель со складывающимися лопастями; 8 – корпус; 9 – горизонтальные и вертикальные рули.

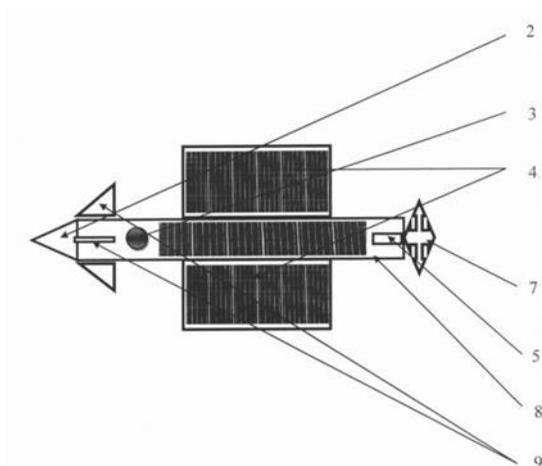


Рис. 2. Схема беспилотного летательного аппарата для поражения радиоэлектронных средств противника

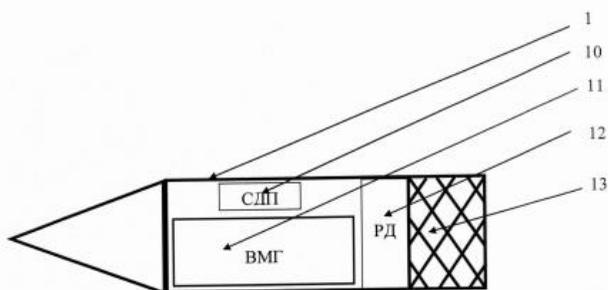


Рис. 3. Схема боевого заряда

На рисунке представлены следующие обозначения: 1 – боевой заряд; 10 – система дистанционного подрыва; 11 – взрывной генератор электромагнитных импульсов; 12 – реактивный двигатель; 13 – решетка.

За счет твердотопливного разгонного, отделяемого блока беспилотный летательный аппарат для поражения радиоэлектронных средств противника выводится на максимальную высоту, превышающую высоту полета основных типов применяемых БПЛА, использование которых возможно на данном участке. После отделения твердотопливного разгонного, отделяемого блока беспилотный летательный аппарат переходит в горизонтальный полет. По команде системы управления раскрываются свернутые вокруг корпуса складывающиеся крылья, выполненные из гибкого пластика и зафиксированные устройством крепления, также выдвигаются горизонтальные и вертикальные рули для управления полетом. Одновременно выдвигаются камеры оптического и инфракрасного диапазона системы наблюдения для обзора верхней и нижней полусферы. После отсоединения твердотопливного разгонного, отделяемого блока, освобождается и приводится в рабочее состояние винтовой толкающий движитель со складывающимися лопастями, до этого момента находящиеся в сложенном состоянии в специальном пространстве верхней части твердотопливного разгонного отделяемого блока. Беспилотный летательный аппарат для поражения воздушных и наземных объектов осуществляет полет за счет электродвигателя, расположенного в корпусе, получая питание от аккумулятора и солнечной батареи, как и все остальные потребители. Управление полетом осуществляется с пункта управления по каналам радиосвязи через систему управления, используя для маневрирования горизонтальные и вертикальные рули, расположенные в передней части корпуса для эффективного управления

полетом. За счет большой площади солнечной батареи, позволяющей пополнять запасы электроэнергии в полете, и наличия аккумулятора большой емкости беспилотный летательный аппарат для поражения радиоэлектронных средств противника способен длительное время барражировать в районе, передавая на пункт управления состояние воздушной, наземной (морской) обстановки.

При обнаружении объекта поражения, по команде с пункта управления, беспилотный летательный аппарат для поражения радиоэлектронных средств противника на максимально возможной скорости начинает сближение, используя, в том числе и скорость снижения. При достижении дистанции поражения по команде с командного пункта осуществляется пуск боевого заряда. Струя реактивного двигателя обтекает конусообразную переднюю часть корпуса, истекая через решетку отделяется от корпуса. При приближении к объекту на дистанцию поражения с помощью системы дистанционного подрыва производится подрыв взрывного генератора электромагнитных импульсов, генерирующего ЭМИ высокой мощности, приводящие к уничтожению элементной базы радиоэлектронных средств и как дополнительный эффект поражение противника составными частями взрывного генератора электромагнитных импульсов.

Применение такого боевого заряда будет эффективно для вывода из строя как единичного, так и роя БПЛА, самолетов и ракет противника, наземных радиоэлектронных средств. Максимальная эффективность поражения достигается доставкой боевого заряда вплотную к средствам противника, что также обеспечивает безопасность для своих радиоэлектронных средств.

После пуска боевого заряда беспилотный летательный аппарат для поражения радиоэлектронных средств противника совершает перелет к месту базирования и осуществляет посадку с использованием парашютной системы. Его можно использовать многократно, повторно снаряжая боевым зарядом и осуществляя предполетную подготовку.

Беспилотный летательный аппарат для поражения радиоэлектронных средств противника – универсальное средство для поражения как подвижных, так и стационарных объектов. Позволяет поражать радиоэлектронные средства, обладающие высокой помехозащищенностью, использующие специальные устройства защиты от энергетических перегрузок, работающие в пассивном режиме. Его использование поможет предотвратить нанесение ущерба охраняемым объектам от поражения средствами воздушного нападения даже при их массированном применении.

Список использованных источников

1. Прищепенко, А. Б. Взрывы и волны. Взрывные источники электромагнитного излучения радиочастотного диапазона. / А. Б. Прищепенко – М. : ИНОМ. Лабораторные знания, 2008.
2. Патент РФ №2551821 от 2013 г. Способ борьбы с беспилотными летательными аппаратами ближнего и малого радиуса действия / И. Н. Белоконь, Е. Н. Бойко, Д. В. Зайцев [и др.].
3. Патент РФ №2709255 от 2019 г. Взрывной генератор электромагнитных импульсов / Е. Н. Кузин, В. И. Загарских, Г. И. Макаров.
4. Патент РФ №2700206 от 2019 г. Способ функционального подавления беспилотных летательных аппаратов / Н. К. Юрков, Н. В. Горячев, Е. А. Кузина.
5. Патент РФ №2787694 от 2023 г. Беспилотный летательный аппарат для поражения радиоэлектронных средств противника / А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков.

References

1. Prishchepenko A.B. Explosions and waves. Explosive sources of electromagnetic radiation in the radio frequency range. Moscow: BINOM. Laboratory knowledge, 2008.
2. RF Patent No. 2551821 dated 2013 A method of combating unmanned aerial vehicles of short and short range / Belokon I.N., Boyko E.N. Zaitsev D.V. and others.
3. Patent of the Russian Federation No. 2709255 dated 2019 Explosive electromagnetic pulse generator / Kuzin E.N., Zagarskikh V.I., Makarov G.I.
4. Patent of the Russian Federation No. 2700206 dated 2019 Method of functional suppression of unmanned aerial vehicles / Yurkov N.K., Goryachev N.V., Kuzina E.A.
5. Patent of the Russian Federation No. 2787694 dated 2023 of an unmanned aerial vehicle for destroying enemy electronic means / Berdnikov A.Yu., Kukankov S.N.

УДК 623.592

А. В. Мальков

(Межвидовой центр подготовки и боевого применения
войск радиоэлектронной борьбы (учебный и испытательный),
г. Тамбов, Россия)

ВИРТУАЛЬНЫЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ТРЕНАЖЕРНО-ОБУЧАЮЩИЙ КОМПЛЕКС

Аннотация. Представлен проект виртуального интеллектуального тренажерно-обучающего комплекса (В.И.Т.О.К.) для эффективного обучения операторов радиоэлектронной борьбы. Новый комплекс решает основные недостатки современных автоматизированных систем – низкую степень реалистичности, ограничение возможностей демонстрации материалов и недостаточную индивидуализацию обуче-

ния. Использование очков виртуальной реальности, тактильной обратной связи и специализированного программного обеспечения позволит одновременно готовить большое количество операторов в единой среде, создавая разнообразные боевые ситуации и повышая уровень профессиональной подготовки и оперативности.

Ключевые слова: виртуальная реальность, радиоэлектронная борьба, тренажеры, имитация боевых условий.

A. V. Malkov

(Specific Training and Combat Use Center
Electronic Warfare Troops (training and testing),
Tambov, Russia))

VIRTUAL INTELLIGENT SIMULATOR AND TRAINING COMPLEX

Abstract. The project of a virtual intelligent simulator and training complex (V.I.T.O.K.) for effective training of electronic warfare operators is presented. The new complex solves the main disadvantages of modern automated systems – a low degree of realism, limited opportunities for demonstrating materials and insufficient individualization of training. The use of virtual reality glasses, tactile feedback and specialized software will simultaneously train a large number of operators in a single environment, creating a variety of combat situations and increasing the level of professional training and efficiency.

Keywords: virtual reality, electronic warfare, exercise equipment, simulated combat conditions, learning mobility.

Применяющиеся в учебных заведениях радиоэлектронной борьбы методы и формы обучения в большинстве своем нацелены на ускорение процесса обучения за счет групповых занятий, в том числе с использованием автоматизированных обучающих систем (АОС).

Используемые АОС, сложны в освоении, ограничены в возможностях представления учебного материала, обладают низкой достоверностью имитации работы реальной станции, не позволяют проводить полноценную оценку отдельных этапов обучения, не учитывают особенностей индивидуального восприятия обучающихся. Из чего следует, что операторы на выходе имеют различные уровни подготовки и профессиональные способности.

Несмотря на высокую стоимость применяющихся АОС, они не позволяют проводить обучение операторов на полный спектр станций и комплексов, стоящих на вооружении, что негативно влияет на пропускную способность.

В настоящее время при участии операторов научной роты ведется разработка виртуального интеллектуального тренажерно-обучающего комплекса (В.И.Т.О.К.), свободного от вышесказанных недостатков, нацеленного на повышение качества процесса обучения и гарантированное получение обучаемыми знаний и умений максимально соответствующих экспертным (знаниям и умениям преподавателей).

В.И.Т.О.К. предназначен для проведения автоматизированной подготовки операторов станций и комплексов РЭБ, экипажей (расчетов) и подразделений на различные образцы техники в едином виртуальном пространстве в режиме реального времени.

В его состав входят:

1. Очки виртуальной реальности с аудиогарнитурой (рис. 1), позволяющие обучающемуся видеть объекты и членов экипажа в едином виртуальном пространстве и обеспечивающие точную акустическую имитацию.



Рис. 1. Очки виртуальной реальности

2. Тактильные перчатки (рис. 2), развивающие моторику и мышечную память обучающегося, позволяющие взаимодействовать с членами экипажа, с любыми трехмерными объектами или их группами, а также чувствовать их физические свойства (текстуру, объем, сопротивление и т.д.).



Рис. 2. Тактильные перчатки

3. Платформа для перемещения 360 градусов (рис. 3), позволяющая перемещаться различными способами в едином виртуальном пространстве в ходе обучения и обеспечивающая безопасность обучающегося, фиксируя его тело гибкими ремнями.



Рис. 3. Платформа для перемещения

4. Комплект датчиков (рис. 4), позиционирующих части тела в едином виртуальном пространстве.

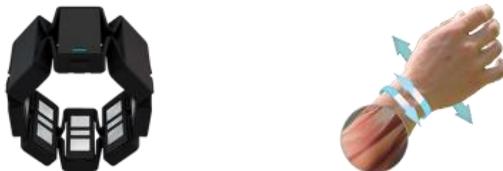


Рис. 4. Комплект датчиков

5. Оптическая ЛВС и высокопроизводительный ЭВМ (рис. 5) для обработки потоков данных и обеспечения взаимодействия членов экипажа или подразделения в едином виртуальном пространстве.



Рис. 5. ЭВМ

Технические возможности виртуального интеллектуального тренажерно-обучающего комплекса обеспечивают:

1. Проведение одновременной автоматизированной одиночной или совместной теоретической и практической подготовки личным составом подразделения до 64 человек в едином виртуальном пространстве на различные образцы техники.

2. Обучение работе с антенно-фидерными системами и такелажем, с отдельными блоками и узлами, станциями и комплексами в целом.

3. Выполнение развертывания станций и ведение учебной боевой работы.

Комплекс обладает низкой себестоимостью и высокой мобильностью.

В.И.Т.О.К. позволяет с высокой детализацией моделировать пространственные данные, радиообстановку и учебно-боевые сценарии, имитировать, влияющие на процесс обучения, времена года, время суток, различные погодные условия и природные явления, а также обеспечивает подыгрыш и имитацию действий вероятного противника, что существенно увеличивает реалистичность в процессе обучения, повышает слаженность экипажей, качество приобретаемых навыков и гарантирует полноценную всестороннюю подготовку операторов.

Список использованных источников

1. Алтунин, А. Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: монография / А. Е. Алтунин. – Тюмень, 2000. – 352 с.
2. Блюмин, С. Л. Введение в математические методы принятия решений / С. Л. Блюмин, И. А. Шуйкова. – Липецк, 1999. – 100 с.
3. Буренок, В. М. Развитие военных технологий XXI века: проблемы, планирование, реализация / В. М. Буренок. – Тверь, 2009. – 624 с.
4. Макаренко, С. И. Интеллектуальные информационные системы: учебное пособие / С. И. Макаренко. – Ставрополь, 2009. – 206 с.
5. Целых, Л. А. Адаптивные информационные системы для поддержки принятия решений: монография / Л. А. Целых. – Ростов-на-Дону, 2018. – 221 с.

References

1. Altunin, A. E. Models and algorithms of decision-making in fuzzy conditions: a monograph / A. E. Altunin. – Tyumen, 2000. – 352 p.
2. Blyumin, S. L. Introduction to mathematical methods of decision-making / S. L. Blyumin, I. A. Shuikova. – Lipetsk, 1999. – 100 p.
3. Burenok, V. M. Development of military technologies of the 21st century: problems, planning, implementation / V. M. Burenok. – Tver, 2009. – 624 p.
4. Makarenko S. I. Intelligent information systems: a textbook / S.I. Makarenko. – Stavropol, 2009. – 206 p.
5. Tselev, L. A. Adaptive information systems for decision support: a monograph / L. A. Tselev. – Rostov-on-Don, 2018. – 221 p.

А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков
(Войсковая часть 2462,
г. Москва, Россия)

БЕСПИЛОТНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ

Аннотация. В статье рассмотрен подход к созданию и использованию систем беспилотных летательных аппаратов, применяемых при мониторинге земной и водной поверхности, рассмотрены перспективы их создания и эксплуатации, пути повышения энергообеспечения, увеличение длительности полета и обеспечения эффективного управления и получения оперативной информации.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, мониторинг поверхности, энергообеспечение, система управления, система спутниковой навигации ГЛОНАСС, система связи, вычислительный комплекс.

A. Y. Berdnikov, S. N. Kukankov
(Military unit 2462,
Moscow, Russia)

UNMANNED EARTH SURFACE MONITORING SYSTEM

Abstract. The article considers an approach to the creation and use of unmanned aerial vehicle systems used for monitoring the earth's and water's surface, discusses the prospects for their creation and operation, ways to increase energy supply, increase flight duration and ensure effective management and operational information.

Keywords: unmanned aerial vehicle, surface monitoring, power supply, control system, GLONASS satellite navigation system, communication system, computing complex.

Широкое использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для мониторинга земной поверхности позволяет решать широкий спектр задач во множестве разнообразных сфер человеческой деятельности, включая добычу, переработку и транспортировку природных ресурсов, строительство, промышленность, сельское хозяйство, природоохрану, безопасность и многие другие. Дроны с фотокамерой, тепловизором, мультиспектральной камерой и иным оборудованием позволяют производить регулярный или внеплановый мониторинг оперативно, качественно и точно, в любое время дня и года. Непрерывное наблюдение и наблюдение за протя-

женными или крупноплощадными объектами, требуют одновременного использования большого количества БПЛА. Поэтому возникает необходимость создание систем БПЛА, такие системы позволят более эффективно использовать возможности задействованных БПЛА и сделают менее сложной систему управления ими [1].

Системы БПЛА имеют явное преимущество перед пилотируемыми системами в ситуациях, когда требуется оперативность. Сокращение общего времени реагирования связано с тем, что не требуется развертывания обеспечивающих средств, которые необходимы при применении пилотируемой авиации.

Увеличивается и время мониторинга, так как используются в том числе дирижабли и аэростатные системы, что позволяет длительное время осуществлять мониторинг на протяженных площадных объектах.

Поэтому, в настоящее время ведутся разработки различных беспилотных систем мониторинга поверхности земли, позволяющих длительное время, на различных высотах осуществлять наблюдение за большими площадями, за большим количеством различных объектов, в том числе и подвижных, их съемку, обработку, хранение и передачу получаемой информации на наземную станцию управления [2 – 4].

Разработаны беспилотные системы мониторинга поверхности земли, которые включают в свой состав станцию управления, беспилотные летательные аппараты и беспилотный воздушный пункт управления, представляющий собой дирижабль, имеющий жесткую оболочку, заполненную газом легче воздуха и снабженную травящим клапаном для стравливания подъемного газа при посадке. Сверху оболочка покрыта гибкой солнечной батареей. Внутри оболочки расположены: вычислительный комплекс, система управления, система спутниковой навигации ГЛОНАСС и связи, аккумуляторная батарея. В нижней части, к оболочке крепится отсек для хранения и запуска беспилотных летательных аппаратов и размещаются камеры оптического и инфракрасного диапазона. БПЛА находятся в сложенном состоянии, они представляют собой беспилотные летательные аппараты для контроля поверхности Земли [4] состоящие из платформы с воздухонепроницаемой эластичной оболочкой с травящим клапаном, внутри которой расположена система управления, включающая в себя информационно-управляющий модуль, система спутниковой навигации ГЛОНАСС, приемопередающее устройство, аккумуляторная батарея. БПЛА оборудован крыльями, которые имеют возможность складываться в месте крепления, и фиксируются в сложенном и раскрытом положении, на крыльях размеща-

ются солнечные батареи и имеются вырезы, в которых размещены воздушно-винтовые электродвигатели, к платформе крепится съемный баллон, заполненный подъемным газом под давлением через клапан соединенный с оболочкой, в нижней части платформы размещена камера оптического и инфракрасного диапазона защищенная полимерными дугами.

На рисунке 1 представлен беспилотный летательный аппарат для контроля поверхности земли.

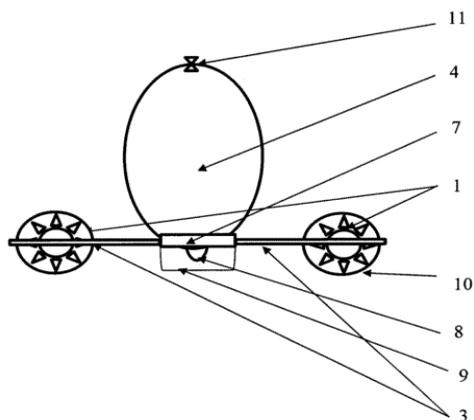


Рис. 1. БПЛА для контроля поверхности земли

На рисунке представлены следующие обозначения: 1 – воздушно-винтовой электродвигатель; 3 – крыло; 4 – воздухонепроницаемая эластичная оболочка; 7 – платформа; 8 – камера оптического и инфракрасного диапазона; 9 – полимерные; 10 – защитный кожух; 11 – травящий клапан.

Беспилотная система мониторинга поверхности земли работает следующим образом. Беспилотный воздушный пункт управления (рис. 2) при подготовке к выполнению поставленных задач комплектуется набором беспилотных летательных аппаратов для мониторинга поверхности, в которых заранее заложена рабочая высота, в зависимости от давления подъемного газа в присоединенном баллоне.

Аналогично можно комбинировать и использование различных средств наблюдения. Беспилотные летательные аппараты размещаются в сложенном виде в отсеке для хранения и запуска БПЛА и закрепляются в устройствах фиксации. Жесткая оболочка заполняется подъемным газом, и беспилотный воздушный пункт управления поднимается на рабочую высоту.

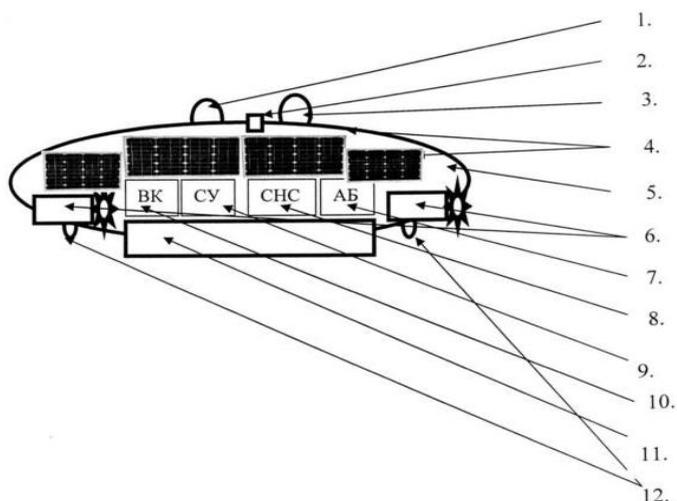


Рис. 2. Беспилотный воздушный пункт управления

На рисунке представлены следующие обозначения: 1 – антенна системы ГЛОНАСС; 2 – травящий клапан; 3 – антенна спутниковой связи; 4 – солнечная батарея; 5 – жесткая оболочка; 6 – воздушно-винтовые электродвигатели; 7 – аккумуляторная батарея; 8 – система спутниковой навигации ГЛОНАСС и связи; 9 – система управления; 10 – вычислительный комплекс; 11 – отсек для хранения и запуска БПЛА; 12 – камера оптического и инфракрасного диапазона.

Рабочая высота беспилотного воздушного пункта управления составляет десятки километров для осуществления устойчивого управления по линиям связи на больших расстояниях. Так же на этой высоте существует возможность максимального использования солнечного излучения для генерации электроэнергии солнечной батареей на внешней верхней поверхности беспилотного воздушного пункта управления. Электроэнергия, вырабатываемая солнечной батареей, обеспечивает работу всех потребителей, а излишки накапливаются в аккумуляторной батарее для использования в темное время суток. На этой высоте не создается помех для эксплуатации авиации и снижается риск поражения различными средствами ПВО.

Беспилотный воздушный пункт управления осуществляет перелет в район наблюдения, используя воздушно-винтовые электродвигатели. Управление скоростью движения и изменение курса осуществляется изменением мощности работы воздушно-винтовых электродвигателей. В районе

наблюдения беспилотный воздушный пункт управления сохраняет свое положение с помощью системы спутниковой навигации ГЛОНАСС и связи.

В зависимости от поставленных при старте и уточненных в полете по средствам связи задач и целей из отсека для хранения и запуска БПЛА осуществляется запуск беспилотных летательных аппаратов в необходимом количестве и с заранее заложенными характеристиками. При дальнейшей эксплуатации возможно изменение количества используемых беспилотных летательных аппаратов, запуская из отсека для хранения и запуска БПЛА оставшиеся аппараты. Беспилотные летательные аппараты, используя свои средства спутниковой навигации ГЛОНАСС и средства связи и управления, перемещаются для мониторинга объектов и территорий на своей рабочей высоте, составляющей сотни метров. Они могут выполнять свои функции длительное время, пополняя запас электроэнергии от солнечных батарей.

Беспилотные летательные аппараты, управляемые наземной станцией управления через беспилотный воздушный пункт управления, с устанавливаемой дискретностью осуществляют съемку поверхности с помощью камеры оптического и инфракрасного диапазона, и передают изображение на беспилотный воздушный пункт управления по радиоканалу. Различные варианты дискретности определения места и съемки поверхности устанавливаются исходя из необходимости и запаса электроэнергии на БПЛА.

В дальнейшем с помощью имеющегося в составе беспилотного воздушного пункта управления вычислительного комплекса, производится обработка полученной информации, наложение снимков для формирования точного портрета местности и контроля за перемещением объектов в районе наблюдения. Качество полученной визуальной информации контролируется элементами искусственного интеллекта в вычислительном комплексе и при несоответствии установленным параметрам системой управления выдается команда для повторного снятия информации, использованием на различной высоте нескольких беспилотных летательных аппаратов со средствами наблюдения с различными характеристиками. Обработанная информация с помощью системы спутниковой навигации ГЛОНАСС и связи, используя антенну спутниковой связи, передается через космический аппарат на наземную станцию управления (рис. 3)

Использование спутниковых каналов передачи информации и управления беспилотным воздушным пунктом управления позволяет передавать большие объемы информации на большие расстояния с высоким качеством и минимизирует обнаружение передачи и возможности по искажению передаваемой информации или недопущению ее передачи.

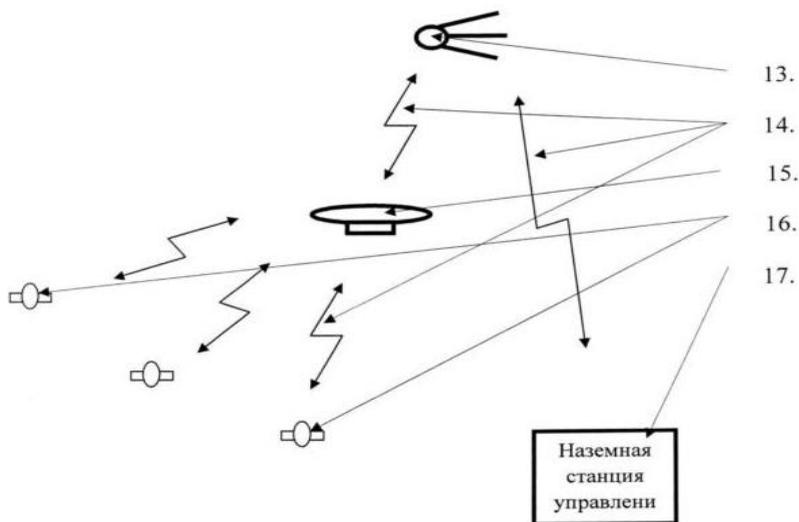


Рис. 3. Схема применения беспилотной системы мониторинга поверхности земли, управления, сбора и передачи информации на наземную станцию управления

На рисунке представлены следующие обозначения: 13 – космический аппарат; 14 – линии связи; 15 – беспилотный воздушный пункт управления; 16 – беспилотные летательные аппараты; 17 – наземная станция управления.

После выполнения поставленных задач беспилотный воздушный пункт управления и запущенные им беспилотные летательные аппараты, используя собственные средства движения и навигации, возвращаются к месту базирования. В точке посадки система управления формирует команду на открытие травящего клапана, подъемный газ стравливается и аппарат совершает посадку. Аналогичным образом осуществляют посадку и беспилотные летательные аппараты.

Беспилотная система мониторинга поверхности Земли найдет свое применение в различных сферах деятельности, где необходим не ограниченный по времени и покрывающий значительные площади территории контроль. Позволит контролировать Государственную границу на протяженных морских и сухопутных участках, что наиболее актуально в районах со сложным рельефом местности или в арктических районах.

Список использованных источников

1. Использование беспилотных летательных аппаратов для ведения мониторинга использования территорий. / О. Ю. Шевченко, А. Б. Боричевский. // Экономика и экология территориальных образований. – 2015. – № 3.
2. Патент РФ №2457531 от 2012 г. Способ применения беспилотных летательных аппаратов и устройство управления / Е. В. Шароварин, И. В. Малыгин.
3. Патент РФ №2681966 от 2019 г. Комплекс беспилотных летательных средств на базе аэростатического летательного аппарата / А. Ю. Измайлов, Я. П. Лобачевский, Д. О. Хорт, Р. А. Филиппов, А. И. Кутырёв.
4. Патент РФ №2776085 от 2022 г. Беспилотный летательный аппарат для контроля поверхности земли / А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков.

References

1. Shevchenko O.Y., Borichevsky A.B. The use of unmanned aerial vehicles for monitoring the use of territories // Economics and ecology of territorial entities. 2015, № 3.
2. RF Patent No. 2457531 dated 2012 A method of using unmanned aerial vehicles and a control device /Sharovarin E.V., Malygin I. V.
3. Patent of the Russian Federation No. 2681966 dated 2019. A complex of unmanned aerial vehicles based on an aerostatic aircraft / Izmailov A.Yu., Lobachevsky Ya.P., Khort D.O., Filippov R.A., Kutuyrev A.I.
4. Russian Federation Patent No. 2776085 dated 2022. Unmanned aerial vehicle for monitoring the Earth's surface / Berdnikov A.Yu., Kukankov S.N.

УДК 632.626

**А. А. Гусев, В. В. Гусев, Н. И. Залетов,
Д. М. Овчинников, В. Р. Попенко**

(Межвидовой центр подготовки и боевого применения
войск радиоэлектронной борьбы (учебный и испытательный),
г. Тамбов, Россия)

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ СРЕДСТВ РЭБ В УСЛОВИЯХ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ

Аннотация. В условиях политической и военной напряженности, как никогда важна выверенная система проведения технического обслуживания средств РЭБ. В данной статье рассмотрен порядок и особенности проведения технического обслуживания средств РЭБ с примерами технического обслуживания станции помех, а также затронуты нюансы его проведения в боевых условиях.

Ключевые слова: техническое обслуживание средств РЭБ, поиск и устранение неисправностей, аппаратная технического обслуживания.

**A. A. Gusev, V. V. Gusev, N. I. Zaletov,
D. M. Ovchinnikov, V. R. Popenko**
(Specific Training and Combat Use Center
Electronic Warfare Troops (training and testing),
Tambov, Russia))

MAINTENANCE OF ELECTRONIC WARFARE EQUIPMENT IN THE CONDITIONS OF MILITARY OPERATIONS

Abstract. In conditions of political and military tension, a well-established system for conducting maintenance of electronic warfare equipment is more important than ever. This article discusses the procedure and features of conducting maintenance of electronic warfare equipment with examples of maintenance of a jamming station, as well as the nuances of its conduct in combat conditions.

Keywords: electronic warfare equipment maintenance, troubleshooting, hardware maintenance.

Введение. Время, в котором мы проживаем, требует постоянной готовности к любым ситуациям. В условиях политической и военной напряженности, как никогда важна выверенная система проведения технического обслуживания средств РЭБ. Чтобы его провести, мало знать только определенные технические характеристики аппаратуры, ее принцип работы, необходимо также умело разбираться и в технической документации, и в радиоэлектронной начинке аппаратуры. Реализация всех требований к выполнению технического обслуживания весьма значительных сил и средств, что подчеркивает значимость системного подхода в данной сфере. Кроме того, необходимо, в первую очередь, сократить время на проведение технического обслуживания аппаратуры войск РЭБ полевых условиях, так и в мирных условиях работ с целью упрощения и более точного выполнения работ специалистов средств РЭБ.

В данной статье рассмотрен порядок и особенности проведения технического обслуживания средств РЭБ с примерами технического обслуживания станции помех, а также затронуты нюансы его проведения в боевых условиях.

Общий порядок проведения технического обслуживания средств РЭБ. Последовательность технического обслуживания состоит из этапов, показанных на рис. 1.

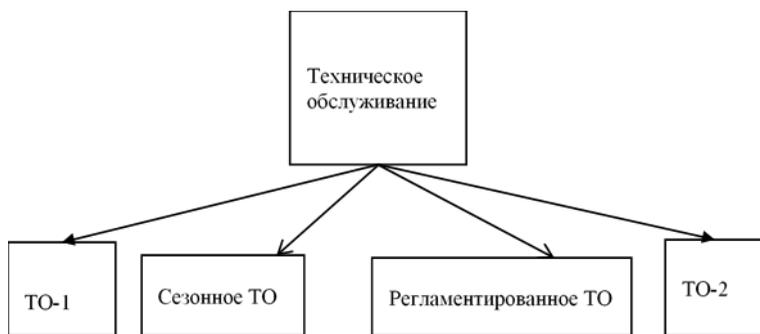


Рис. 1. Составляющие технического обслуживания

Техническое обслуживание в объеме ТО-1 проводится, как правило, в паркохозяйственные дни. В эти дни проводятся также подготовка и проверка учебно-материальной базы, дооборудование и благоустройство парков, мест хранения и обслуживания техники РЭБ, проверка контрольно-стендового оборудования и другие работы, связанные с эксплуатацией техники РЭБ.

Паркохозяйственные дни проводятся по плану, разрабатываемому штабом воинской части. План утверждается командиром воинской части, выписки из плана доводятся до командиров подразделений и начальников служб за 4–5 суток до начала работ. В плане указывается, в какие дни месяца подразделение проводит обслуживание в объёме ТО-1 техники РЭБ, какие силы и средства выделяются для его обеспечения из состава других подразделений воинской части.

При проведении ТО-1 обязательно учитывают требования по поддержанию постоянной готовности техники РЭБ к использованию по назначению. Командиры подразделений должны организовать приведение техники РЭБ в работоспособное состояние по окончании каждого рабочего дня и ежедневно докладывать командиру части о её техническом состоянии, боеготовности своих подразделений.

Техническое обслуживание в объеме ТО-2, сезонное обслуживание и регламентированное техническое обслуживание планируется исходя из годовых норм расхода ресурса, установленной периодичности технического обслуживания и межремонтных сроков эксплуатации техники РЭБ.

При выполнении ТО-2 проводятся контроль и обновление блоков памяти средств специальной вычислительной техники и отладка программ, а также проводится оценка технического состояния, организации техниче-

ской эксплуатации и содержания техники РЭБ с выставлением индивидуальных и общей оценок.

Результаты технического обслуживания в объеме ТО-2 оформляются актом, в котором указываются техническое состояние каждого образца, оценки за техническое состояние и организацию эксплуатации техники РЭБ каждому подразделению и воинской части в целом.

В боевых условиях техническое обслуживание в объеме ТО-2, сезонное обслуживание и регламентированное техническое обслуживание проводится в соответствии с планом технического обеспечения боевых действий.

Сезонное техническое обслуживание включает в себя переконсервацию, переход на осенне-зимний и весенне-летний периоды эксплуатации, замену смазок, масел, жидкостей, и должно проводиться только по окончании обслуживания и выполнения всех настроечных и регулировочных работ на аппаратуре и оборудовании техники РЭБ. Время проведения сезонных работ устанавливается вышестоящим штабом, исходя из местных климатических условий.

Регламентированное техническое обслуживание проводится на средствах РЭБ, имеющих составные части с ограниченным ресурсом (ограниченной наработкой). Регламентированное техническое обслуживание проводится обслуживающим личным составом с привлечением подразделений технического обслуживания и ремонта воинской части, а при необходимости – специалистами ремонтных органов объединений и предприятий промышленности.

При регламентированном техническом обслуживании производится замена составных частей с израсходованным ресурсом, инструментальная проверка электрических параметров, доведение их до установленных норм и проверка качества функционирования средств РЭБ.

При техническом обслуживании комплексов РЭБ согласуются вид технического обслуживания аппаратуры, средств подвижности, источников электропитания, средств автоматизированного управления и связи, вычислительной техники, очередность выполнения работ и операций, связанных с их выключением, регулировкой и настройкой. Техническое обслуживание комплексов РЭБ во всех случаях должно проводиться без снижения установленной степени готовности войск.

Техническое обслуживание аппаратуры пунктов управления, аппаратных информационно-технического сопряжения, средств автоматизированного управления и связи заключается в контроле их технических характе-

ристик (электрических параметров) и проверке функционирования путем подключения оконечных устройств средств РЭБ. При этом проверяется качество функционирования отдельных линий управления и связи, контролируется процесс обработки информации и передачи данных, оценивается работа операторов.

При проведении технического обслуживания в объеме СО вначале выполняются работы в объеме ТО-1 или ТО-2 (в объеме, предусмотренном ЭД на конкретный образец техники РЭБ).

Если при этом отдельные характеристики (электрические параметры) невозможно довести до установленных норм с помощью имеющихся органов регулировки, то неисправное средство РЭБ снимается с обслуживания и подвергается ремонту установленным порядком.

Также отметим, что предпринимаются попытки более глубокой автоматизации процесса технического обслуживания во всех упомянутых выше этапах с помощью перспективных интеллектуальных систем [1].

Обязанности должностных лиц по техническому обслуживанию. Кратко отметим соответствующие обязанности должностных лиц, непосредственно задействованных в техническом обслуживании средств РЭБ. Данные обязанности закреплены уставами Вооруженных Сил Российской Федерации, наставлениями и должностными инструкциями.

Командир подразделения (роты, взвода) воинской части обязан:

- знать устройство, правила эксплуатации, содержания и методики выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту техники РЭП подразделения;

- обеспечить содержание техники РЭП подразделения в исправном состоянии и постоянной готовности к использованию по назначению;

- обеспечить соблюдение годовых норм расхода ресурса и межремонтных ресурсов (сроков) техники РЭП подразделения.

Командир ремонтного подразделения (начальник ремонтной мастерской) обязан:

- обучать личный состав подразделения (мастерской) методам отыскания неисправностей, технического обслуживания и ремонта техники РЭП;

- обеспечивать участие личного состава подразделения (мастерской) в проведении комплексного технического обслуживания и ремонта техники РЭП.

Также можно отметить, что командир подразделения, командир ремонтного подразделения воинской части отвечают за «своевременное и качественное обеспечение работ по техническому обслуживанию и ремонту техники РЭП».

Алгоритм технического обслуживания средств РЭБ на примере ТО станции помех. Особое внимание уделяется постоянному совершенствованию алгоритмов технического обслуживания и методов поиска неисправностей и их устранения на средствах РЭБ. На примере станции помех был разработан алгоритм проведения технического обслуживания средств радиоэлектронной борьбы (рис. 2) на основе технологической карты № 3 и 4.

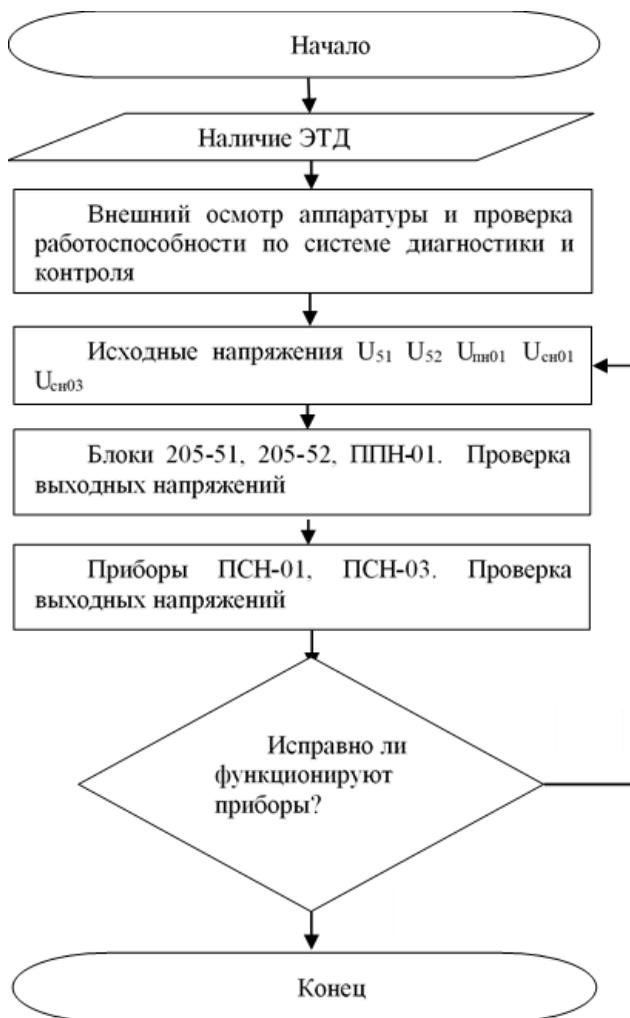


Рис. 2. Алгоритм проведения технического обслуживания станции помех

Техническое обслуживание производится только при наличии эксплуатационно-технической документации. Основные этапы подразумевают под собой измерение выходных напряжений блоков 205-51 и 205-52, а также приборов ППН-01, ПСН-01, ПСН-03 и сравнение значений с исходными параметрами, заявленными в документации.

В случае если измеренные параметры не соответствуют исходным, происходит повторное их измерение. Если повторно измеренные параметры также не соответствуют номиналу, то приборы отправляются на диагностику, поиск и устранение выявленной неисправности [2].

Обзор аппаратной технического обеспечения (АТО) для станций помех. Аппаратная технического обеспечения (АТО) предназначена для проведения технического обслуживания и технического ремонта средств РЭБ (в данном случае, автоматизированных станций помех) в полевых условиях путём поиска отказов и определения их причин, устранения отказов заменой или восстановлением их исправности, а также контроля и подтверждения работоспособности составных частей и изделий в целом [3]. Внешний вид рабочих мест операторов АТО представлен на рис. 3.



Рис. 3. Внешний вид рабочих мест операторов АТО

Подобные аппаратные комплектуются набором контрольно-измерительных приборов, в который могут входить мультиметр, источник питания, мегомметр, частотомер, микроомметр, дальномер и т.д.

Последовательность и порядок проведения работ на аппаратной технического обслуживания во время проведения технического обслуживания станции помех делится на два этапа.

На первом этапе (основном) проводится проверка работоспособности и диагностирование основных подсистем. При получении положительных результатов диагностирования проверяемой аппаратной на первом этапе необходимость в проведении второго этапа отпадает, т.к. перечень проверок первым этапом гарантирует исправность проверяемой аппаратной в целом.

Второй этап предполагает определение неисправных элементов, расположенной внутри проверяемой аппаратуры глубиной до демонтируемого блока, возможную диагностику, а в случае необходимости и ремонт.

Работой аппаратной технического обслуживания руководит начальник станции, который отвечает за исправность и постоянную готовность аппаратной к использованию по назначению. Также он обязан:

- знать объем, порядок проведения и своевременно проводить техническое обслуживание и ремонт аппаратной и контролировать качество их выполнения подчиненным личным составом;
- знать объем работ по техническому обслуживанию техники РЭП, руководить работой личного состава аппаратной по обслуживанию (ремонту) техники РЭП (в соответствии с назначением аппаратной);
- следить за соблюдением личным составом правил и мер безопасности при работе в аппаратной.

Техническое обслуживание комплексов РЭБ организуется в соответствии с общими принципами комплексного технического обслуживания и ремонта ВВТ и включает:

- техническое обслуживание отдельных средств, входящих в состав комплексов РЭБ: передатчиков помех, приёмно-анализирующей аппаратуры, средств измерений, автомобильных средств подвижности и гусеничных базовых машин, источников электропитания;
- техническое обслуживание средств пунктов управления: аппаратуры информационно-технического сопряжения (обработки и передачи данных) и средств автоматизированного управления и связи, специальной вычислительной техники;
- комплексный контроль функционирования.

Техническое обслуживание проводится, как правило, одновременно на всех средствах комплексов РЭБ.

В боевых условиях допускается проводить техническое обслуживание автономно каждого средства РЭБ с последующей комплексной проверкой функционирования комплекса РЭБ, в первую очередь средств автоматизированного управления и связи.

При техническом обслуживании комплексов РЭБ согласуются вид технического обслуживания аппаратуры, средств подвижности, источников электропитания, средств автоматизированного управления и связи, вычислительной техники. Техническое обслуживание комплексов РЭБ во всех случаях должно проводиться без снижения установленной степени готовности войск.

Уточним, что техническое обслуживание аппаратуры пунктов управления, аппаратных информационно-технического сопряжения, средств автоматизированного управления и связи заключается в контроле их технических характеристик (электрических параметров) и проверке функционирования путём подключения оконечных устройств средств РЭБ. При этом проверяется качество функционирования отдельных линий управления и связи, контролируется процесс обработки информации и передачи данных, оценивается работа операторов.

В боевых условиях техническое обслуживание в объеме ТО-2, СО и РТО проводится в соответствии с планом технического обеспечения боевых действий или по указанию вышестоящего командира (начальника).

Планирование осуществляется на основе перспективного плана эксплуатации и ремонта техники РЭБ воинской части. Мероприятия по проведению ТО-2, СО и РТО отражаются в годовом плане боевой подготовки воинской части.

Также может проводиться комплексная проверка, которая включает проверку режимов боевой работы автоматизированной системы управления комплексом РЭБ. При этом контролируются качество выполнения всех операций, предусмотренных алгоритмом боевой работы, правильность и своевременность обработки информации, действия операторов по устранению возникающих неисправностей, правильность ведения боевой и эксплуатационной документации.

В общем случае комплексная проверка проводится при:

- приеме и вводе комплексов РЭБ в эксплуатацию;
- выполнении ТО-2 (РТО);

- подготовке к боевой работе;
- несении боевого дежурства (в разрешенных режимах);
- получении боевых повреждений средств автоматизированного управления и связи и других отказов (неисправностей), могущих повлиять на качество выполнения боевой задачи;
- обновлении блоков памяти и отладке программного обеспечения.

Техническое обслуживание в условиях боевых действий проводится в соответствии с общими принципами проведения комплексного технического обслуживания и ремонта ВВТ в военное время.

Основой планирования технического обслуживания являются решение командующего войсками фронта (армией) на проведение фронтовой (армейской) операции, указания или распоряжения старших начальников по вопросам технического обеспечения.

На основании указанного решения заместитель командующего войсками фронта (армией) по вооружению разрабатывает план технического обеспечения фронтовой (армейской) операции.

План технического обеспечения боевых действий доводится до воинских частей общими или частными боевыми распоряжениями вышестоящего штаба.

Контрольный осмотр, ежедневное техническое обслуживание проводятся расчетами (экипажами, дежурными сменами операторов), исходя из условий обстановки.

Для проведения номерного ТО и устранения боевых повреждений и неисправностей привлекаются ремонтно-восстановительные части и подразделения объединений, бригады специалистов ремонтных органов объединений или специализированных ремонтных предприятий.

Порядок привлечения таких бригад к проведению ТО устанавливается вышестоящим штабом и указывается в плане технического обеспечения боя (операции).

Заключение. В данной статье были рассмотрены общий порядок проведения технического обслуживания средств РЭБ, обязанности ответственных должностных лиц, алгоритм проведения ТО на примере технического обслуживания автоматизированной станции помехи с применением аппаратного технического обеспечения. Также были описаны особенности проведения технического обслуживания аппаратуры войск РЭБ в боевых условиях.

Список использованных источников

1. Тютюнник В.М., Дубровин А.Д. Интеллектуальные информационные системы: учебник. – 2-е изд., стереотип. – Тамбов; М.; СПб.; Баку; Вена; Гамбург: Изд-во МИНЦ «Нобелистика», 2012. – 356 с.
2. Разработка алгоритмов технического обслуживания и анализа неисправностей средств РЭБ на основе имитационного моделирования и матричного подхода СППР / О. С. Якушов, Д. О. Ермаков, А. А. Гусев. // Сборник трудов по Всероссийской научно-технической конференции “Проблемы эффективности и безопасности функционирования сложных технических и информационных систем”, Филиал ФГКВОУ ВО “Военная академия Ракетных войск стратегического назначения имени Петра Великого” в г. Серпухов. – 2024.
3. Пособие по аппаратной технического обеспечения. Памятка оператору. – Тамбов. – 2021. – 31 с.

References

1. Tyutyunnik V.M., Dubrovin A.D. Intelligent information systems: textbook. – 2nd ed., stereotype. Tambov; Moscow; St. Petersburg; Baku; Vienna; Hamburg: Publishing house of the MINTS "Nobelistics", 2012. 356 p.
2. Development of algorithms for maintenance and fault analysis of electronic warfare equipment based on simulation modeling and the matrix approach of DSS / O. S. Yakushov, D. O. Ermakov, A. A. Gusev. // Proceedings of the All-Russian Scientific and Technical Conference “Problems of efficiency and safety of complex technical and information systems”, Branch of the Peter the Great Military Academy of Strategic Missile Forces in Serpukhov. – 2024.
3. Hardware maintenance manual. A reminder to the operator. – Tambov. – 2021. – 31 p.

УДК 629.786.2

А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков
(Войсковая часть 2462,
г. Москва, Россия)

МОНИТОРИНГ ОКОЛОЗЕМНОГО, ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА И ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ БЕСПИЛОТНЫМИ АВИАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ

Аннотация. В статье рассмотрен подход к мониторингу земной поверхности, воздушного и околоземного пространства воздушно космическими системами для создания единого, наиболее полного представления об обстановке, рассмотрен опыт создания и эксплуатации, варианты применения различных средств наблюдения и разведки.

Ключевые слова: космический аппарат, дирижабль, беспилотный летательный аппарат, средства наблюдения.

A. Y. Berdnikov, S. N. Kukankov
(Military unit 2462,
Moscow, Russia)

MONITORING OF NEAR-EARTH, AIRSPACE AND THE EARTH'S SURFACE BY UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS

Abstract. The article considers an approach to monitoring the Earth's surface, air and near-Earth space by aerospace systems in order to create a single, most complete picture of the situation, examines the experience of creation and operation, options for the use of various means of surveillance and reconnaissance.

Keywords: spacecraft, airship, unmanned aerial vehicle, surveillance equipment.

Технологии дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса – незаменимый инструмент изучения и постоянного мониторинга нашей планеты, помогающий эффективно использовать и управлять ее ресурсами. Современные технологии ДЗЗ находят применение практически во всех сферах нашей жизни.

Сегодня разработанные предприятиями Роскосмоса технологии и методики использования данных ДЗЗ позволяют предложить уникальные решения для обеспечения безопасности, повышения эффективности разведки и добычи природных ресурсов, внедрения новейших практик в сельское хозяйство, предупреждения чрезвычайных ситуаций и устранения их последствий, охраны окружающей среды и контроля над изменением климата.

Космические аппараты (КА) ДЗЗ представляют основной источник данных о состоянии окружающей среды. Космические технологии являются идеальным средством глобального, постоянного и надежного мониторинга окружающей среды, включая атмосферу, сушу и океан. Они дают оперативную информацию, используемую в различных социально-экономических сферах: картографировании, решении задач ЧС, гидрологии, лесного и сельского хозяйства, рыбного хозяйства, экологического мониторинга, земельного кадастра.

Дистанционное зондирование Земли – очень перспективное направление, ведь возможности систем наблюдения за планетой из космоса постоянно растут. Так американская компания PlanetLab запустила в космос целый рой малых аппаратов: более 200 спутников! Они производят съёмку с разрешением порядка 3–4 метров, при этом за сутки фактически покрывают всю поверхность планеты. Для сравнения: чтобы выполнить такую съёмку нашими аппаратами серии «Канопус» (в настоящее время их на орбите 6 штук), понадобится несколько месяцев.

Компенсировать ограниченное количество космических аппаратов может авиационный мониторинг Земли. Авиационный мониторинг – это система постоянного наблюдения за процессами и явлениями, происходящими в окружающей среде, которая использует для получения информации самолеты, вертолеты, воздушные шары и другие летательные аппараты. Если с использованием для наблюдения самолетов и вертолетов все понятно и знакомо нам давно, но время не стоит на месте и появляются новые более эффективные системы мониторинга.

Так в начале 2020 года в Австралии на полигоне Вумера состоялись испытания беспилотного летательного аппарата (БПЛА) «Фаза-35» (PHASA-35), оснащенного солнечно-электрической силовой установкой. Он разработан специалистами британской корпорации «Баэ системз» и принадлежащей ей компании «Призматик» при поддержке австралийской Организации оборонной науки и техники (DSTG) и Лаборатории оборонной науки и техники Великобритании (DSTL).

БПЛА с размахом крыла 35 м предназначен для полетов на высоте до 21 км и способен нести до 15 кг полезной нагрузки (ПН). По информации «Баэ системз», аппарат сможет в течение года летать в стратосфере, что превращает его в промежуточное звено между самолетами и спутниками. В качестве ПН могут использоваться системы ведения разведки, навигационные, научное оборудование или средства ретрансляции сигналов радиосвязи. Он может использоваться как в коммерческих, так и в военных целях.

Беспилотник использует солнечную энергию в течение дня и аккумуляторную батарею ночью.

В 2018 году БПЛА «Зефир-S» (Zephyr-S), разработанный европейской корпорацией «Эрбас», установил рекорд по времени непрерывного полета для аппаратов в своей категории. Беспилотник продержался в воздухе 25 суток 23 часа и 57 минут. Его масса составляет 75 кг, размах крыла – 25 м. Этот аппарат уже запущен в серийное производство. По информации зарубежных СМИ, три таких БПЛА приобрело британское министерство обороны.

Еще одним проектом в области высотных беспилотных летательных аппаратов является «Хок-30» (Hawk 30), разработанный американской фирмой «Аэровайронмент» при участии японского оператора связи «Софтбанк». «Хок-30» предназначен для обеспечения связи и способен летать без перерыва в течение шести месяцев на высоте около 20 км.

Одним из первых аппаратов на солнечных батареях был американский «Пас-файндер» (NASA Pathfinder) с размахом крыла 75 м, который устано-

вил в 2001 году рекорд по высоте подъема среди крылатых летательных аппаратов без реактивных двигателей – 29,5 км.

В нескольких странах правительства исправно выделяют бюджеты на разработку и воплощение концепции геостационарных спутников на основе стратодирिжаблей. Сегодня проекты геостационарных беспилотных стратодирिжаблей уже прорабатываются из расчета их долгосрочного дежурства в течение пяти лет. В США, Южной Корее, Японии, Великобритании, Израиле, ряде Европейских стран интенсивно развиваются программы по созданию стратосферных дирижабельных платформ. Основная цель запуска стратосферных дирижабельных платформ – удешевление различных сервисов, включая системы связи, Интернет, ретрансляцию сигналов цифрового телевидения высокой четкости и радиосигнала, а также – более эффективное решение специальных задач, среди которых мониторинг, наблюдение, научные исследования. И высота 20-22 км была выбрана не случайно: в этих слоях всего 5 процентов воздуха и на протяжении почти всего года достаточно устойчивые потоки ветров. Геостационарная локализация стратодирिжабля позволяет обеспечить стабильный охват территорий. И сеть таких платформ способна создать глобальную зону охвата. Только использование одного такого дирижабельного комплекса может обеспечить охват беспроводными системами широкополосной связи территорию площадью до 2 млн. км². Удерживая геостационарную позицию в стратосфере, флот беспилотных воздухоплавательных судов – в перспективе – будет представлять единый комплекс, который, к тому же, будет взаимодействовать с космической спутниковой группировкой.

Так франко-итальянская компания «Талес» презентовала автономный дирижабль «Стратобус» (Stratobus). Аппарат будет способен работать в течение 5 лет на высоте 20 км и может нести полезную нагрузку до 250 кг. Длина дирижабля составляет 140 м. Его можно будет использовать для наблюдения за объектами на земле и на море, обеспечения охраны окружающей среды и ретрансляции сигналов связи.

Для полноценной автономной работы дирижабль должен оставаться неподвижным в одном положении и выдерживать ветры со скоростью до 90 км/ч. Аппарат необходимо оснастить 1000 м² солнечных панелей, которые будут охватывать четверть площади его оболочки и обеспечивать питание, необходимое для четырех электродвигателей, системы хранения энергии и функционирования целевой аппаратуры.

В тоже время актуальным остается использование авиационных средств наблюдения как пилотируемых, так и беспилотных различных классов.

Известна многофункциональная космическая коммуникационная система [1] включающая группировку спутников, выведенных на геостационарную орбиту, группировку спутников, выведенных на средневысотную орбиту, группировку спутников, выведенных на низковысотную орбиту и как минимум один наземный пункт управления, причем как минимум один спутник на геостационарной орбите посредством линий связи соединен с наземным пунктом управления.

Известен так же космический комплекс дистанционного зондирования Земли высоко-детального уровня наблюдения наземных объектов [2]), включающий в свой состав: по меньшей мере, один космический аппарат, а также наземный комплекс управления, наземный комплекс приема и обработки изображений, космический аппарат содержит оптико-электронную полезную нагрузку, которая обеспечивает формирование изображений земной поверхности, как в панхроматическом канале, так и в четырех диапазонах мультиспектрального канала (NIR, R, G, B) и оснащена системой приема и преобразования информации, построенной на использовании приемников с зарядной связью, работающих в режиме временной задержки и накопления (ПЗС с ВЗН); средство передачи целевой информации на базе активной фазированной решетки с узконаправленным лучом в X-диапазоне, обеспечивающее адаптивную высокоскоростную радиолинию X-диапазона, а наземный комплекс управления и наземный комплекс приема и обработки изображений используют в своем составе антенно-приемное устройство на базе роботизированного комплекса.

Еще существует способ создания глобальной информационной среды в околоземном пространстве и многофункциональная космическая информационная система «Парадигма» на базе сети низкоорбитальных космических аппаратов для его осуществления [3]. Способ создания глобальной информационной среды в околоземном пространстве, основанный на глобальной передаче информации между околоземными корреспондентами (субъектами передачи и приема информации) через низкоорбитальный кластер космических аппаратов (КА) по межспутниковым радиотехническим и лазерным каналам связи, с целью повышения оперативности глобальной непрерывной передачи информации между наземными и космическими корреспондентами, а также обеспечения непрерывного глобального информационного мониторинга поверхности Земли и околоземного пространства на борту кластера КА многоспектрального оптического мониторинга с помощью бортовой оптической системы наблюдения формируют оптическое многоспектральное изображение участка подстилающей поверхности Земли, с помощью кластера КА радиомониторинга принимают сигналы назем-

ных радиостанций и определяют их координаты, с помощью радиолокационного кластера КА формируют радиолокационную информацию о состоянии поверхности Земли и окружающем космическом пространстве в режиме бистатической радиолокации, с помощью бортовой аппаратуры КА ионосферного мониторинга измеряют полную электронную концентрацию вдоль пути распространения сигналов от навигационных спутников и уточняют модель ионосферы, с помощью взаимных измерений относительного движения в системе «спутник-спутник» уточняют параметры гравитационного поля Земли, с помощью атмосферных спутников воздушного эшелона системы формируют радиолокационную моностатическую и бистатическую информацию, видовую оптическую информацию и информацию радиомониторинга о подстилающей информации и приземных радиостанциях, при этом информация мониторинга от кластеров КА мониторинга, а также от атмосферных спутников мониторинга передают на Землю по каналам «Борт-Земля», а также по межспутниковым радиоканалам кластера КА передачи информации потребителям с заданными геоцентрическими координатами.

Представленные выше способы обладают сложностью организации управления группировкой, необходимостью использования большого количества КА, оборудованных различными средствами наблюдения для высокоразрешающего радиолокационного и оптического мониторинга подстилающей поверхности, воздушного пространства и околоземного пространства Земли и передачи результатов мониторинга потребителю в реальном масштабе времени. Необходимо объединить различные системы для формирования высококачественного электронного изображения участка подстилающей поверхности Земли, воздушного и околоземного пространства над ней с помощью различных средств наблюдения, находящихся на различных высотах и передача его потребителям.

Решение этой задачи достигается тем, что осуществляется мониторинг воздушно-космическими системами подстилающей поверхности Земли, воздушного пространства и околоземного пространства и передача информации по спутниковым каналам связи на пункт сбора и обработки данной информации. Изображение участка подстилающей поверхности Земли, воздушного и околоземного пространства над ней формируется в виде оптического и радиоэлектронного изображения, получаемого наложением информации мониторинга от различных средств наблюдения, находящихся в данный момент времени над интересующим нас участком подстилающей поверхности, околоземного и воздушного пространства над ней от различных видов космических аппаратов, дирижаблей и аэростатов, авиации и беспилотных летательных аппаратов.

лотных летательных аппаратов, использующих средства радиотехнического, радиолокационного и оптического мониторинга подстилающей поверхности Земли, воздушного и околоземного пространства. Далее осуществляется передача полученного в результате обработки изображения потребителям.

Для эффективного и оперативного мониторинга воздушно-космическими системами подстилающей поверхности, воздушного пространства и околоземного пространства Земли, прежде всего, необходимо использовать имеющуюся или дополнительно разворачивать космическую составляющую, представленную космическими аппаратами системы дистанционного зондирования земли (КА ДЗЗ) и космическими аппаратами системы связи (КА СС). КА ДЗЗ имеют в своем составе различные средства наблюдения за поверхностью Земли, а также за воздушным и околоземным пространством. Также выводятся на заданные высоты стратосферные дирижабли и беспилотные летательные аппараты (БПЛА) с солнечно-электрическими двигателями, они могут месяцами осуществлять мониторинг земной поверхности и воздушного пространства за счет имеющихся у них различных средств наблюдения, дополняя КА ДЗЗ. Их выведение на орбиту значительно дешевле и занимает значительно меньше времени. На рисунке 1 представлен такой способ мониторинга воздушно-космическими системами подстилающей поверхности, воздушного пространства и околоземного пространства Земли.

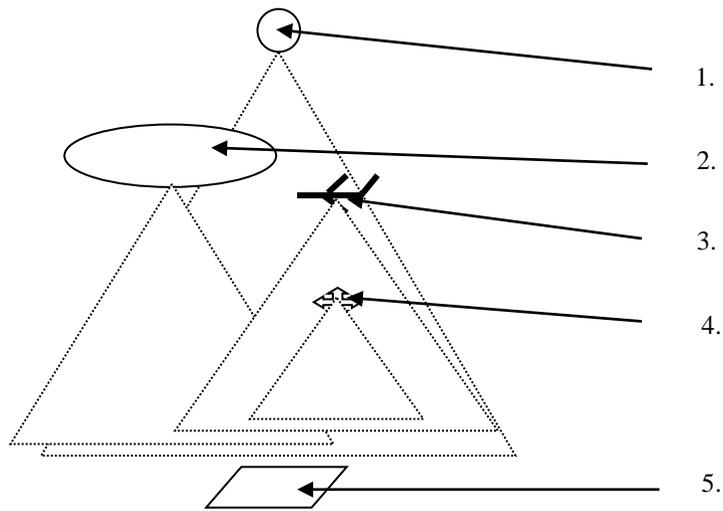


Рис. 1. Способ мониторинга воздушно-космическими системами подстилающей поверхности, воздушного пространства и околоземного пространства Земли

На рисунке представлены следующие обозначения: 1 – космический аппарат ДЗЗ; 2 – стратосферный дирижабль; 3 – самолет; 4 – беспилотный летательный аппарат; 5 – контролируемая поверхность.

Для получения более точной и оперативной информации о заданном участке местности и воздушного пространства над ней привлекаются системы авиационной разведки и тяжелые БПЛА. Все используемые системы мониторинга оснащаются средством или различными средствами радиолокационной разведки (РЛР), радиотехнической разведки (РПТР) и оптико-электронной разведки (ОЭР). Данные средства, как правило, используются комплексно, взаимно дополняя друг друга.

Для осуществления наблюдения в ближней зоне применяются привязные аэростаты и БПЛА легких классов. Они так же имеют в своем составе различные средства наблюдения, прежде всего средства теле- и фотонаблюдения в видимом и инфракрасном (ИК) диапазоне.

Все задействованные системы наблюдения с помощью имеющихся у них средств наблюдения получают изображение подстилающей поверхности, воздушного и околоземного пространства над ней. В табл. 1 представлена зависимость радиуса наблюдения от используемой системы наблюдения.

1. Зависимость радиуса наблюдения от используемой системы наблюдения

№	Система наблюдения	Высота	Радиус зоны наблюдения
1	КА ДЗЗ	300 – 500 км	6370 км
2	Стратосферный дирижабль, Высотный БПЛА	20 км	760 км
3	Самолеты	10 км	357 км
4	БПЛА	2 – 4 км	225 км
5	Аэростаты	2 км	170 км
6	БПЛА	100 м	36 км

Используя имеющиеся на борту средства космической связи через систему КА СС, передают это изображение на пункт сбора и обработки информации. На пункте сбора и обработки информации получаемое изображение с помощью мощных вычислительных средств и искусственного интеллекта обрабатывается. Обработанные изображения от различных источников информации (КА, стратосферные дирижабли, самолеты, вертолеты, привязные аэростаты, БПЛА) и имеющие различный вид (теле- и фото в видимом и инфракрасном (ИК) диапазоне, радиолокационные снимки

и др.) собираются в точную пространственную электронную карту. Данная карта предоставляется потребителям по предварительному запросу и в объеме в соответствии с имеющимся у него допуском. Передача осуществляется по каналам передачи данных автоматизированных систем управления соответствующих министерств и ведомств.

Такое гибкое использование различных систем мониторинга позволит создать точную электронную карту местности и оперативно вносить изменения, происходящие как на поверхности, так и в воздушном и околоземном пространстве над ней. Она будет востребована как силовыми структурами, так и в различных областях деятельности: экономической, сельском хозяйстве, транспортной, природоохранной и др.

Список использованных источников

1. Патент РФ № 2302695 от 2005 года. Многофункциональная космическая коммуникационная система.
2. Патент РФ № 2753201 от 2021 года. Космический комплекс дистанционного зондирования Земли высоко-детального уровня наблюдения наземных объектов.
3. Патент РФ № 2707415 от 2019 года. Способ создания глобальной информационной среды в околоземном пространстве и многофункциональная космическая информационная система "Парадигма" на базе сети низкоорбитальных космических аппаратов для его осуществления.

References

1. Patent of the Russian Federation No. 2302695 dated 2005. Multifunctional space communication system /
2. Patent of the Russian Federation No. 2753201 dated 2021. Space complex for remote sensing of the Earth with a highly detailed level of observation of terrestrial objects /
3. Patent of the Russian Federation No. 2707415 dated 2019. A method for creating a global information environment in near-Earth space and a multifunctional space information system "Paradigm" based on a network of low-orbit spacecraft for its implementation.

Д. В. Лобин

(Межвидовой центр подготовки и боевого применения
войск радиоэлектронной борьбы (учебный и испытательный),
г. Тамбов, Россия)

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ХАРАКТЕРИСТИК И ПАРАМЕТРОВ ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩИХ И ПЕЛЕНГАТОРНЫХ АНТЕНН

Аннотация. Рассмотрен измерительный комплекс характеристик и параметров прямо-передающих и пеленгаторных антенн, а также была рассмотрена методика измерений до создания автоматизированного комплекса.

Ключевые слова: измерение антенн, диаграмма направленности, автоматизация измерений.

D. V. Lobin

(Specific Training and Combat Use Center
Electronic Warfare Troops (training and testing),
Tambov, Russia)

AUTOMATED MEASURING A SET OF CHARACTERISTICS AND PARAMETERS RECEIVING-TRANSMITTING AND DIRECTION-FINDING ANTENNAS

Abstract. The measuring complex of characteristics and parameters of receiving-transmitting and direction-finding antennas was considered, and the measurement technique was also considered before the creation of an automated complex.

Keywords: antenna measurement, radiation pattern, measurement automation.

Ранее для измерения параметров малогабаритных антенн использовались ручные системы. Для замеров параметров антенн использовали поворотный стол, который в должной мере мог отвечать требованиям точности, но его большим недостатком было отсутствие автоматизированного поворота на заданный градус, а также влияние человеческого фактора на установку азимута антенны. После проведенных измерений шел этап вычислений, на этом этапе значения переносились либо в специально разработанное программное обеспечение, которое появилось позже, чем необходимость в этих вычислениях, либо использовали ручной метод расчета. Сравнить скорость выполнения двух этих видов расчета не имеет должного смысла. Существенный минус, который остался при появлении такого ПО, являлось

человеческое участие. Человек вручную переносил значения уровней на различных частотах, это занимало некоторое время, а также оставалась вероятность ошибки при переносе значений. Такие ошибки появляются из-за человеческого фактора. Также человеческий фактор мог проявиться при настройке анализатора спектра или при выставлении частотных параметров измерения на генераторе сигналов. Человек склонен совершать ошибки не замечая того, а ошибки, совершенные при измерениях, могут повлечь за собой повторные измерения, а следственно потерю дорогостоящего времени. Также ошибка может проскочить и на этап вычисления, где она будет искажать действительную характеристику диаграммы направленности. При таком методе измерения довольно многое зависит от человека и от его внимательности. Чтобы исключить человеческий фактор из этой цепочки, необходимо автоматизировать максимальное количество процессов, таким образом вероятность совершения ошибки падает.

Одной из главных характеристик любой антенны является диаграмма направленности. Она представляет собой графическое изображение распределения мощности излучения антенны в пространстве. Диаграмма позволяет визуализировать, как антенна реагирует на сигналы из различных направлений. Параметры диаграммы направленности, такие как углы половинной мощности, помогают в разработке антенн, обеспечивающих необходимую направленность и эффективность.

Для определения диаграммы направленности необходимо записать значения уровня принятого сигнала при различных углах поворота антенны в азимутальной плоскости и при необходимости в меридиональной плоскости. Но в данном виде данные значения не подходят для построения диаграммы направленности, для правильного отображения необходимо нормировать полученные значения с осей относительно своего максимума. Имея нормированные значения представляется возможность построения и визуального осмотра диаграммы направленности. Саму диаграмму направленности можно построить в двух системах координат: декартовой и полярной. Диаграмма в декартовой системе может быть представлена с логарифмическим масштабом для более подробного изучения боковых лепестков с малым уровнем, если это необходимо.

Далее из полученных ранее значений можно определить ширину диаграмм направленности: по уровням половинной мощности и по уровню нулевого излучения. Также можно вычислить коэффициент направленного действия, коэффициент усиления, рабочую полосу частот антенны и коэффициент полезного действия. Вычислив все эти параметры, можно в полной мере произвести анализ любой антенны.

Измерительный комплекс состоит из ЭВМ со специальным программным обеспечением, анализатором спектра, генератором тестовых сигналов, поворотного устройства, на которое устанавливается исследуемая антенна, и коммутатора, который соединяет в LAN сеть все эти устройства. Комплекс имеет модульную структуру, то есть генератор можно заменить на другой с более подходящими характеристиками, и также можно заменить анализатор спектра. Важным аспектом при такой замене это необходимость в проверке имеет ли новый генератор или анализатор, LAN порт по которому происходит обмен данными между устройствами комплекса.

Данная разработка привнесла большой вклад в изучении параметров малогабаритных антенн. Высокая степень автоматизации данного комплекса кратно снизило вероятность возникновения ошибки из-за человеческого фактора, так как человек больше не задействован при проведении измерений, из-за того, что они делаются автоматически. Так же высокая степень автоматизации ускорила процесс измерения характеристик малогабаритных антенн, так как человеку больше не нужно подходить и крутить поворотный стол, вручную перенастраивать генератор и анализатор. программное обеспечение автоматически выставляет необходимые параметры для комплекса, а также само считывает принятый уровень тестового сигнала с анализатора спектра. После того как замеры при выставленных параметрах закончатся, программное обеспечение само покажет диаграмму направленности антенны в декартовой системе координат и полярной, для более наглядного изучения. Оператору остается только сохранить полученный результат или самостоятельно произвести оценку выполненных замеров.

Список использованных источников

1. Использование объектно-ориентированной среды для создания программ с применением управляющих операторов и циклов / С. А. Сазонова, Н. В. Акамсина, А. В. Лемешкин // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15 – № 2. – С. 41 – 54.
2. Vyatkin S. I., Dolgovesov B. S. Interactive calculation of light refraction and caustics using a graphics processor. Programming and Computer Software. 2024. V. 50. No. 1. Pp. 63–72.

References

1. Object-oriented environment for program creation with cycles and operators. / S. A. Sazonova, N. V. Akamsina, A. V. Lemeshkin // Modelling of systems and processes. – 2022. – Т. 15 – № 2. – С. 41 – 54.
2. Vyatkin S. I., Dolgovesov B. S. Interactive calculation of light refraction and caustics using a graphics processor. Programming and Computer Software. 2024. V. 50. No. 1. Pp. 63–72.

А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков
(Войсковая часть 2462,
г. Москва, Россия)

ПРИВЯЗНАЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНО РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ВОЗДУШНАЯ СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ

Аннотация. В статье рассмотрен подход к использованию беспилотных летательных аппаратов легче воздуха, рассмотрен опыт создания и эксплуатации, варианты энергообеспечения и применения различных средств наблюдения и разведки.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, баллоны с подъемным газом, энергообеспечение.

A. Y. Berdnikov, S. N. Kukankov
(Military unit 2462,
Moscow, Russia)

TETHERED GEOGRAPHICALLY DISTRIBUTED AERIAL SURVEILLANCE SYSTEM

Abstract. The article considers an approach to the use of lighter-than-air unmanned aerial vehicles, examines the experience of creation and operation, options for energy supply and the use of various means of surveillance and reconnaissance.

Keywords: unmanned aerial vehicle, lifting gas cylinders, energy supply.

В последнее десятилетие наблюдается постоянно растущий интерес к освоению северных территорий, использованию главной морской магистрали Арктики – Северного морского пути. В первую очередь это связано с открытием и промышленной разработкой новых перспективных нефтяных и газовых месторождений арктического побережья и шельфа арктических морей и, как следствие, постоянно растущей потребностью в перевозке и доставке разнообразных грузов. По различным данным в арктическом регионе России имеется от 15% до 25% всех мировых запасов энергетических ресурсов. Несмотря на очевидную выгоду использования северных морских маршрутов, практически все участки Северного морского пути характеризуются слаборазвитой береговой инфраструктурой и отягощаются суровыми климатическими условиями, сложной гидрометеорологической, ледовой и навигационной обстановкой.

В настоящее время разработано и функционирует немало различных систем мониторинга. Основной задачей таких систем является сбор информации от первичных источников. Уже давно очевидна необходимость радикального улучшения освещения обстановки в Арктике. Данную проблему нельзя решить по прямой аналогии с другими широтами, так как суровые реалии Арктики оказывают существенное влияние на технические и организационные аспекты построения систем мониторинга.

Также стоит проблема обеспечения охраны Государственной границы Российской Федерации, особенно протяженных периметров и обширных арктических территорий. Изначально охрана границы связана с наличием большого количества инженерных сооружений, пунктов управления, разветвленной системой передачи информации, значительного количества технических средств обнаружения и средств оптико-электронного наблюдения. Общие принципы в Арктике не работают, необходимо решать эти задачи, опираясь на новые организационные и технические решения.

Решение как нам видится, заключается в создании систем наблюдения для длительного контроля и наблюдения за протяженными участками поверхности, способных автономно эксплуатироваться длительное время, за счет возможности пополнять электроэнергию в процессе эксплуатации.

Так, известен способ перевозки пассажиров и грузов по воздуху, включающий подачу энергоносителя из источника двигателя летательного аппарата, запуск двигателей, взлет летательного аппарата в аэропорту пункта отправления, подъем на заданную высоту и разгон до заданной скорости, полет до пункта прибытия и посадку в аэропорту пункта прибытия, перед взлетом летательный аппарат оборудуют двигателями, используемыми в качестве энергоносителя электричество, между пунктами отправления и прибытия устанавливают на земной поверхности ряд вертикальных опор, на верхних торцах которых закрепляют платформы, на платформах закрепляют два параллельных провода электрической магистрали (линию электропитания) и там же параллельно с ними тросовые направляющие, а на эти направляющие устанавливают оборудованную колесами каретку с закрепленными в ней с помощью прижимных пружин двумя токосъемниками, присоединяют каретку с помощью буксировочного троса к летательному аппарату, подключают линию электропитания к источнику электроэнергии, а двигатели летательного аппарата с помощью кабеля через токосъемники к линии электропитания, и только после этого запускают двигатели летательного аппарата, разгоняют его до взлетной скорости, поднимают его в воздух и, по достижении заданных расчетных высоты над электри-

ческой магистралью, например 100 м, и скорости полета, например 500 км/час, движутся до пункта прибытия, где осуществляют посадку этого аппарата [1].

Недостатком этого устройства является сложность и высокая стоимость конструкции, открытое расположение винтов электродвигателей делает проблематичным использование при сильном снегопаде.

Существует также воздушно-транспортная система, включающая летательный аппарат, направляющий балансир, прикрепленный к опорам или к поверхности земли, при этом летательный аппарат связан с направляющим балансиrom с помощью узла сцепления снабжен плоскостями для создания подъемной силы и рулями, направляющий балансир выполнен в виде полой эластичной газонепроницаемой трубы, наполненной газом легче воздуха, а его концы прикреплены к передвижным платформам, вес которых превышает подъемную силу, создаваемую летательным аппаратом и направляющим балансиrom, а летательный аппарат снабжен тяговым агрегатом для горизонтального перемещения летательного аппарата за счет взаимодействия тягового агрегата с направляющим балансиrom. Воздушные движители выполнены поворотными и используются также для дополнительной ориентации летательного аппарата относительно поверхности земли [2].

Интересным решением также является воздушно-тросовая транспортная система, содержащая корабль легче воздуха с подвешенным к основному корпусу грузопассажирским отсеком, двигателем с пропеллерами, рулем поворота. Корабль имеет аэрообтекаемую форму, создающую подъемную силу, внутри корабля в шахте расположен главный двигатель с двумя вращающимися пропеллерами и восемь каналов, четыре канала спереди и четыре канала сзади, каждый канал в верхней и нижней частях шахты закрыт управляемыми жалюзи, по бокам корабля расположены гондолы, имеющие аэрообтекаемую форму и обеспечивающие подъемную силу при движении, внутри гондолы расположены боковые двигатели, между гондолами и основным корпусом корабля размещена парусная система, на поверхности основного корпуса корабля расположена парашютная система, силовая конструкция корабля включает тросы, силовые сегменты, натяжители и соединители, низ корабля состоит из элементов грузовой части, выполненных в виде замкнутых поверхностей, соединенных тросами и силовыми сегментами, имеющими крепления для строп, удерживающих вместимости для теплоносителя, включающего гелий и горячий воздух, корабль снабжен системой циклического подогрева теплоносителя, системой подачи и откачки гелия, системой подогрева теплоносителя теплом выхо-

дящих газов, системой разворачивания и сворачивания вместимостей, аэродинамически закрывающей их оболочкой, корабль выполнен с возможностью объединения с другими кораблями в авиапоезда путем соединения тросами и силовыми сегментами, надетыми на тросы, каждый из кораблей, активный или пассивный, соединен с тяговой тележкой тросом и коммуникациями, каждая тяговая тележка с помощью колесных движителей соединена с тросом, протянутым от станции к станции и лежащим на поверхности, каждый движитель тяговой тележки состоит из ряда верхних и нижних подпружиненных колес, объединенных приводом с коробкой передач и двигателем тяговой тележки с возможностью получения газообразного топлива из автономного бака тяговой тележки или из соответствующего корабля по коммуникациям или получения электрического напряжения через трос, двигатель подключен к редуктору, который через барабан может изменять расстояние между тележкой и кораблем, корабль снабжен регулируемым крылом, обеспечивающим дополнительную подъемную силу при движении, корабль снабжен бурами и зацепами для укрепления при стоянке, каждая станция снабжена поворотным и сдвигающим столом, по которому отделяемая верхняя часть тележки переходит к другой транспортной тележке в транспортном узле, станция снабжен краном для перемещения тяговых тележек и погрузочно-разгрузочными стойками, корабль снабжен компьютерной и радиолокационной системами управления [3].

Требуется создание эффективной автономной системы технического наблюдения протяженных участков местности в сложных климатических условиях, в том числе Арктики, возможность использования для доставки грузов.

Решением данной задачи будет создание привязной территориально распределенной воздушной системы технического наблюдения [4] расширяющего возможности средств наблюдения по выявлению объектов противника, повышение живучести и устойчивости к радиоэлектронным и механическим воздействиям.

Привязная территориально распределенная воздушная система технического наблюдения имеет заполненный подъемным газом корпус в форме конуса с оперением в узкой задней части в виде объемных киля и стабилизаторов. Через корпус проходит полость с воздухозаборником в широкой передней части и двумя выходными отверстиями с левой и правой стороны корпуса, закрытые управляемыми жалюзи. Внутри корпуса в свободном пространстве расположен электродвигатель-генератор с двумя пропеллерами на валу ротора. Заполненный подъемным газом корпус разделен на гер-

метичные секции, общий объем которых позволяет поднимать в воздух массу эквивалентную весу всех элементов системы и части троса. В каждой заполненной подъемным газом секции имеется воздушный клапан, соединенный через систему воздухопроводов с воздушным насосом и баллоном для подъемного газа. Увеличивая или уменьшая объем подъемного газа в секциях, регулируется высота подъема. Корпус расположен на поворотной платформе на постоянных магнитах, к которой снизу присоединена направляющая для троса с блокировочным устройством. Трос протянут между станциями, и лежит на поверхности. Под направляющей расположен отсек, в котором расположены: система управления, связи и навигации; аккумуляторная батарея; средства технического наблюдения. В качестве средств технического наблюдения используются: оптические и тепловизионные камеры, радиолокационная станция и т.п. Сверху на корпус нанесена солнечная батарея и расположены антенны системы радио и космической связи и антенна системы глобального позиционирования ГЛОНАСС. На рисунке 1 представлена схема привязной территориально распределенной воздушной системы технического наблюдения.

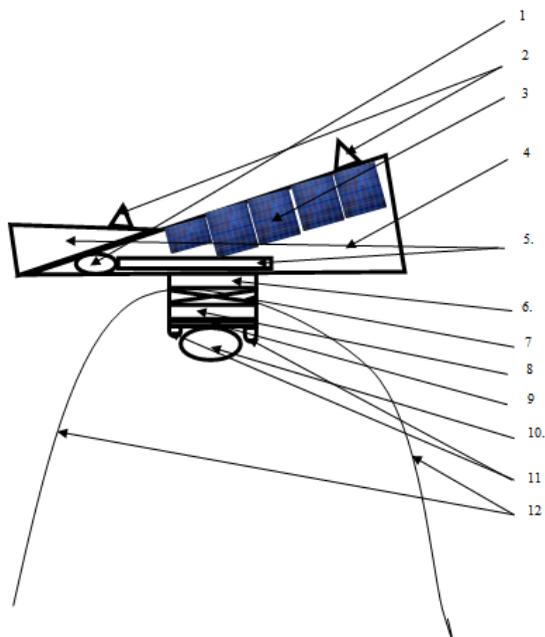


Рис. 1. Схема привязной территориально распределенной воздушной системы технического наблюдения

На рисунке представлены следующие обозначения: 1 – выходные отверстия закрытые управляемыми жалюзи; 2 – антенны систем связи и ГЛОНАСС; 3 – солнечная батарея; 4 – корпус; 5 – киль и стабилизаторы; 6 – поворотная платформа; 7 – направляющая для троса с блокировочным устройством; 8 – система управления, связи и навигации; 9 – аккумуляторная батарея; 10 – радиолокационная станция; 11 – оптическая и тепловизионная камеры; 12 – трос.

Привязная территориально распределенная воздушная система технического наблюдения работает следующим образом: при подготовке к полету герметичные секции, из которых состоит корпус заполняются подъемным газом, в качестве которого может использоваться гелий или водород. Объем должен обеспечивать подъем корпуса со всеми устройствами и еще части троса, удерживающего его на маршруте. Трос разблокируется в направляющей для троса и устройство начинает подъем и движение по тросу между станциями. Для движения в заданном направлении используется электродвигатель-генератор, вращающий пропеллеры.

Воздушный поток, захватываемый воздухозаборником, проходит во внутренней полости корпуса через вращающиеся пропеллеры и стравливается через выходные отверстия, придавая движение устройству. Направление движение регулируется, прежде всего, тросом и направлением исходящего из корпуса воздушного потока через какое-либо из открытых выходных отверстий. Схема движения и генерации электроэнергии внутри корпуса привязной территориально распределенной воздушной системы технического наблюдения представлена на рис. 2.

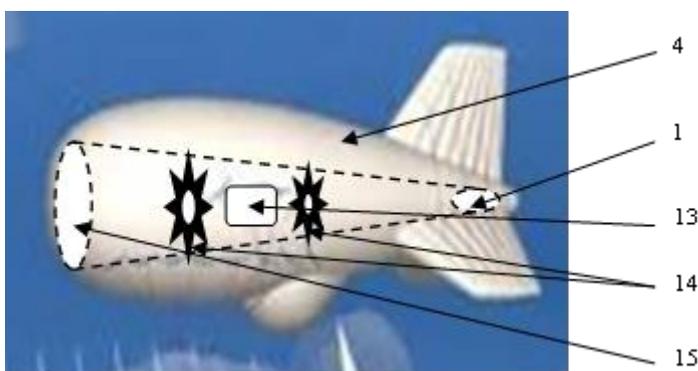


Рис. 2. Схема движения и генерации электроэнергии внутри корпуса привязной территориально распределенной воздушной системы технического наблюдения

На рисунке представлены следующие обозначения: 1 – выходные отверстия закрытые управляемыми жалюзи; 4 – корпус; 13 – электродвигатель-генератор; 14 – пропеллеры; 15 – воздухозаборник.

Для осуществления посадки открываются имеющиеся в каждой герметичной секции воздушные клапаны, запускается воздушный насос, и подъемный газ через воздухопроводы закачивается в баллон. В процессе эксплуатации при необходимости возможно изменение высоты за счет закачивания или стравливания подъемного газа из баллона через воздухопроводы и воздушные клапана в/из каждой герметичной секции.

Для осуществления наблюдения в процессе движения используются имеющиеся средства технического наблюдения: оптическая и тепловизионная камеры, радиолокационная станция и др. При необходимости более длительного или более подробного наблюдения за конкретным участком по маршруту движения устройство осуществляет блокировку троса в направляющей для троса с блокировочным устройством.

Управление всеми элементами привязной территориально распределенной воздушной системой технического наблюдения осуществляется системой управления, связи и навигации осуществляющей прием, обработку и выполнение команд поступающих от пункта управления со станции. Также осуществляется управление оптической и тепловизионной камерами, радиолокационной станцией. Получение и обработка поступающей от них информации различного вида, передача обработанной информации на пункт управления по каналам космической и радиосвязи с координатами места.

Обеспечение электропитания имеющихся электродвигателя – генератора и радиоэлектронных средств осуществляется с помощью запасов электроэнергии в аккумуляторной батарее, использования солнечной батареи нанесенной на корпус сверху и работе электродвигателя – генератора в генераторном режиме.

Запасы аккумуляторной батареи ограничены, особенно при низких температурах в Арктике. Поэтому требуется постоянное пополнение электроэнергии. Источником дополнительной электроэнергии для пополнения заряда аккумуляторной батареи прежде всего, будет солнечная батарея, но учитывая сложные климатические условия в высоких широтах, в определенные периоды она будет не эффективна. Известно, что, северные территории Российской Федерации обладают большим потенциалом для использования альтернативных источников энергии. Учитывая высокую скорость ветров в Арктике, их достаточно высокую стабильность, в том числе и независимость от времени суток и года, можно использовать ветер как

наиболее эффективный источник энергии на Крайнем Севере и Дальнем Востоке. Для этого при отсутствии необходимости перемещения воздушной системы технического наблюдения электродвигатель-генератор системой управления, связи и навигации переводится в режим генерации. Набегающий воздушный поток захватывается воздухозаборником, поступает во внутреннюю полость корпуса и вращает пропеллеры на валу электродвигателя-генератора, производящего электроэнергию для пополнения аккумуляторной батареи и обеспечения потребителей. Для эффективного использования воздушных потоков и обеспечения максимальной производительности электродвигателя-генератора корпус имеет объемные, большой площади киль и стабилизаторы, также корпус установлен на поворотной платформе. Поворотная платформа использует магнитные подвесы на постоянных магнитах. Отсутствие в предлагаемой схеме подшипников избавляет от использования специальной смазки для работы при низких температурах, что повышает высоту эксплуатации и расширяет географию использования (Арктика, высокогорье и т.п.). Большая площадь киля и стабилизаторов позволяют постоянно ориентировать воздухозаборник корпуса на воздушный поток, как это происходит у флюгера, обеспечивать максимальную величину воздушного потока, поступающего в воздухозаборник и как следствие максимальную величину производимой электроэнергии. Корпус свободно поворачиваясь на поворотной платформе не меняет положение средств технического наблюдения.

Привязная территориально распределенная воздушная система технического наблюдения может длительное время эксплуатироваться, используя ветер и солнце для генерирования электроэнергии для потребителей электроэнергии и подстраиваться под изменяющиеся условия на различной высоте наблюдения. Стабильность нахождения ее в заданном месте обеспечивается привязкой к тросу, а использование электродвигателя-генератора позволяет осуществлять перемещение по маршруту. Данная система при внесении определенных незначительных изменений позволит быстро и с минимальными затратами доставлять различные грузы на станции. На рисунке 3 представлена схема полета привязной территориально распределенной воздушной системы технического наблюдения.

Уже сейчас существует потребность в системах наблюдения в малонаселенных регионах со сложными климатическими условиями, с развитием северных территорий, освоением Северного морского пути, такие системы будут востребованы для обеспечения наблюдения за протяженными участками местности в интересах различных ведомств.

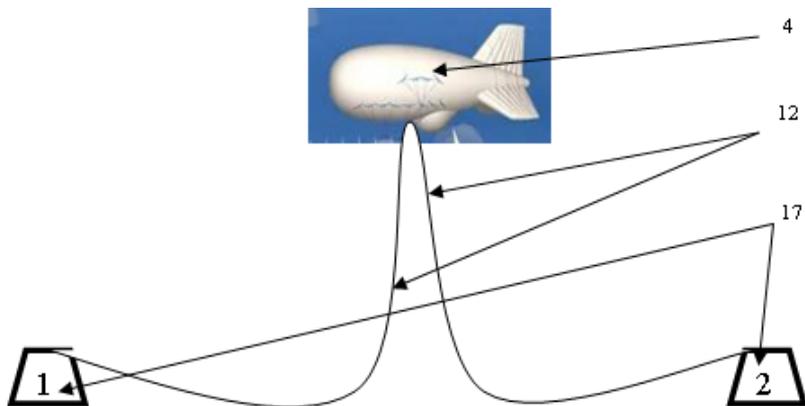


Рис. 3. Схема полета привязной территориально распределенной воздушной системы технического наблюдения

На рисунке представлены следующие обозначения: 4 – корпус; 5 – киль и стабилизаторы; 12 – трос; 17 – станции на маршруте наблюдения.

Список использованных источников

1. Патент РФ № 2549728 от 2015 года. Способ перевозки пассажиров и грузов по воздуху. / А. А. Нарижный, Г. А. Нарижный, Т. М. Нарижная, Е. А. Нарижный.
2. Патент РФ № 2110442 от 1998 года. Воздушно-транспортная система / А. Павлинов.
3. Патент РФ № 2356765 от 2007 года. Воздушно-тросовая транспортная система. / В. А. Кущенко.
4. Патент РФ №2828468 от 2024 года. Привязная территориально распределенная воздушная система технического наблюдения / С. Н. Куканков.

References

1. Patent of the Russian Federation No. 2549728 dated 2015. A method of transporting passengers and cargo by air. / Narizhny A. A., Narizhny G. A., Narizhnaya T. M., Narozhny E. A.
2. Patent of the Russian Federation No. 2110442 dated 1998. Air transport system / Pavlinov A.
3. Patent of the Russian Federation No. 2356765 dated 2007. Aerial and cable transport system. Kushchenko V. A.
4. Patent of the Russian Federation No. 2828468 dated 2024. Tethered geographically distributed aerial surveillance system / Kukankov S.N.

**А. А. Гусев, В. В. Гусев, Н. И. Залетов,
Д. М. Овчинников, В. Р. Попенко**

(Межвидовой центр подготовки и боевого применения
войск радиоэлектронной борьбы (учебный и испытательный),
г. Тамбов, Россия)

СОКРАЩЕНИЕ ВРЕМЕНИ ПОИСКА И УСТРАНЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ СРЕДСТВ РЭБ В УСЛОВИЯХ СВО

Аннотация. Статья посвящена совершенствованию операций по поиску неисправностей, а именно рассмотрен общий порядок поиска и устранения неисправностей, методы ремонта, а также интеллектуальные подходы, сокращающие время работ в условиях СВО.

Ключевые слова: средства РЭБ, СВО, радиосигналы, методы поиска неисправностей, ремонт.

**A. A. Gusev, V. V. Gusev, N. I. Zaletov,
D. M. Ovchinnikov, V. R. Popenko**

(Specific Training and Combat Use Center
Electronic Warfare Troops (training and testing),
Tambov, Russia)

REDUCING THE TIME FOR TROUBLESHOOTING ELECTRONIC WARFARE SYSTEMS IN A FREE ENVIRONMENT

Abstract. The article is devoted to the improvement of troubleshooting operations, namely, the general procedure for troubleshooting, repair methods, as well as intelligent approaches that reduce work time in a SVO environment.

Keywords: electronic warfare equipment, SVO, radio signals, troubleshooting methods, repairs.

Введение. В современном мире постоянного технологического развития, бросающего новые вызовы и испытания такие как, появление и массовое использование беспилотных летательных аппаратов, надёжная и эффективная работа средств радиоэлектронной борьбы занимает решающее значение для выполнения поставленных боевых задач. Это заставляет нас задуматься о надёжности техники и аппаратуры, которая обеспечивается подготовленными профессиональными специалистами и качественным и быстрым технологическим процессом текущего ремонта.

Особое внимание уделяется постоянному совершенствованию операций по поиску неисправностей, так как это наиболее трудоемкий процесс, занимающий 60%-80% времени ремонта даже при его выполнении квалифицированными специалистами. Мало знать только определенные технические характеристики аппаратуры, ее принцип работы, необходимо также уметь разбираться и в технической документации, которое, в свою очередь, включают в себя лишь некоторые рекомендации по устранению характерных неисправностей. Реализация всех требований к выполнению технического обслуживания, поиска и устранения неисправностей требует весьма значительных сил и средств, что подчёркивает значимость подготовки специалистов по данным направлениям. Кроме того, необходимо, в первую очередь, сократить время на поиск, а также устранения неисправностей как в полевых условиях, так и в мирных условиях работ, с целью упрощения и более точного выполнения работ специалистами средств РЭБ.

В данной статье рассмотрен общий порядок поиска и устранения неисправностей, методы ремонта, а также интеллектуальные подходы, сокращающие время работ в условиях СВО.

Технология текущего ремонта. Технология текущего ремонта – один из процессов ремонта радиоэлектронного оборудования, который состоит из этапов, показанных на рис. 1.

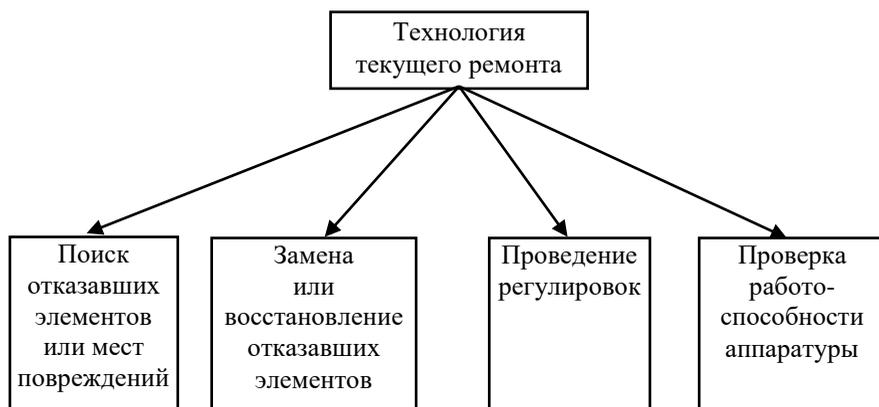


Рис. 1. Технология текущего ремонта

Каждый из упомянутых процессов является взаимосвязанным друг с другом, но в то же время, имеет свою индивидуальность в работе. Так, например, для качественного выполнения ремонтных работ второй опера-

ции необходимы лишь практические навыки ремонтника в выполнении радиомонтажных работ. Третья и четвертая операции производятся по эксплуатационной документации. Стоит отметить, что данная технология в виде определенной последовательности выполнения отдельных операций для существующей аппаратуры заранее не разрабатывается [1, с. 3].

В технической документации, как правило, приводятся лишь некоторые рекомендации по устранению характерных неисправностей. Время поиска в значительной степени определяется типом и конструктивным выполнением аппаратуры, а также опытом ремонтника. На основе накопленного опыта работы с аппаратурой и знания ее слабых мест ремонтник при поиске неисправностей намечает программу действий.

Эта программа должна включать возможные проверки (испытания, измерения), их очередность и способы проведения. Очевидно, что разработку такой программы каждый раз, как возникает отказ, на основе опыта, а иногда и интуиции, нельзя признать самым целесообразным вариантом технологии текущего ремонта.

Такие программы для каждого типа сложной аппаратуры должны разрабатываться заблаговременно и служить основным документом технологии текущего ремонта.

Разработка программы поиска основывается на использовании определенного метода, который должен указать, какие проводятся проверки аппаратуры при возникновении любого отказа, в какой последовательности, когда проводится анализ полученной при проверке информации и как она влияет на процесс поиска.

Созданием и улучшением таких методов в последние годы занимается отрасль теории надежности, которая получила название технической диагностики.

Большое разнообразие техники не позволяет использовать какой-либо универсальный метод разработки программ, пригодных для всех типов аппаратуры. В зависимости от схемного и конструктивного построения аппаратуры может оказаться предпочтительным тот или иной метод или их комбинации.

Порядок организации и проведения работ на аппаратной технической обслуживании (АТО). Для проведения ремонтных работ и поиска неисправностей используют специальные аппаратно-технические комплексы. Рассмотрим один из них на примере АТО для автоматизированных станций помех.

Аппаратная технического обслуживания (АТО) предназначена для проведения технического обслуживания и технического ремонта в полевых условиях путём поиска мест отказов и определения их причин, устранения отказов заменой из комплекта ЗИП блоков и элементов или восстановлением их исправности, а также контроля и подтверждения работоспособности составных частей и изделий в целом [2, с. 1]. Внешний вид рабочих мест операторов АТО показан на рис. 2.



Рис. 2. Внешний вид рабочих мест операторов АТО

Подобные аппаратные комплектуются набором контрольно-измерительных приборов, в который могут входить мультиметр, источник питания, мегомметр, частотомер, микроомметр, дальномер и т.д.

Последовательность и порядок проведения работ на аппаратной технического обслуживания во время проведения технического обслуживания и технического ремонта состоит из двух этапов.

На первом этапе (основном) проводится проверка работоспособности и диагностирование основных подсистем. При получении положительных

результатов диагностирования проверяемой аппаратной на первом этапе необходимость в проведении второго этапа отпадает, так как перечень проверок первого этапа гарантирует исправность проверяемой аппаратной в целом.

Второй этап предполагает определение неисправной аппаратуры, расположенной внутри проверяемой аппаратной, глубиной до демонтируемого блока. Второй этап предполагает диагностику, а в случае необходимости и ремонт.

Методы поиска неисправностей. В технической диагностике разработаны и детально исследованы три основных метода поиска неисправностей:

1. Метод последовательных поэлементных проверок.
2. Метод групповых проверок.
3. Комбинационный метод.

Метод последовательных поэлементных проверок включает в себя работу мастера, ремонтирующего аппаратуру, проверяющего состояние каждого элемента в отдельности. Если проверяемый элемент исправен, проверяется в указанной последовательности следующий. Проверка продолжается до тех пор, пока не будет обнаружен неисправный элемент. После замены или восстановления элемента проводится проверка функционирования системы. Если работоспособность восстановлена в основном режиме, проверяется функционирование в остальных режимах.

В случае если замена (восстановление) элемента не приводит к восстановлению работоспособности системы, поиск продолжается путем проверки следующих элементов в указанной очередности.

Проверка продолжается до тех пор, пока не будет восстановлена работоспособность системы во всех режимах. Так как функциональные связи между элементами не влияют на последовательность проверок и проверяются все без исключения элементы, то метод приемлем при любой структуре аппаратуры. Однако при большом числе элементов в системе поиск связан с большими затратами времени на проверку их состояния. Кроме того, в электронных схемах проверка отдельных элементов возможна только при их отключении от схемы, это во многих случаях связано с трудоемкими и сложными технологическими операциями разборки и распайки.

Метод групповых проверок состоит в последовательном испытании на исправность не одного, а группы элементов. После определения группы элементов, в которой находится неисправный, группа разбивается на подгруппы и определяется подгруппа, содержащая неисправный элемент.

Таким образом, проводится последовательная серия испытаний путем разбивки на более мелкие подгруппы, что позволяет локализовать неисправный узел, модуль или даже отдельный элемент. При этом методе каждое последующее испытание зависит от результата предыдущего, поэтому программу поиска можно назвать гибкой.

Заключительный, комбинационный метод, при котором производится измерение определенного набора электрических параметров системы. Результат измерения каждого параметра оценивается по двойной системе: «в норме (1)» или «не в норме (0)» [3, с. 7]. В зависимости от комбинации единиц и нулей всего оцениваемого набора контролируемых параметров однозначно определяется неисправный элемент системы. Этим обусловлено и наименование метода «комбинационный». Различные комбинации параметров, находящихся «в норме» и «не в норме» можно выразить числами в двойной системе исчисления. Порядок измерений параметров может быть любым, поэтому программа поиска является произвольной. Анализ результатов производится после окончания измерения.

Применение комбинационного метода дает хорошие результаты при поиске неисправностей в аппаратуре с разветвленной структурой, составные части которой принимают участие в образовании различных по назначению сигналов.

При разработке программ поиска неисправностей для сложной аппаратуры могут использоваться все рассмотренные методы. Определение неисправного блока и узла целесообразно производить применением комбинационного или группового метода, а определение модуля или элемента – методом поэлементных проверок.

Применение любого метода поиска неисправностей основывается на проверках (испытаниях) или измерениях в целях определения состояния составных частей аппаратуры. Измерения проводятся как с помощью встроенных в аппаратуру приборов, так и с помощью переносных измерительных приборов.

Интеллектуальная поддержка принятия решений для технического ремонта средств РЭБ в условиях СВО. Поиск и устранение неисправностей в условиях специальной военной операции осложняется быстрменяющейся обстановкой, количеством и качеством факторов угроз, особенно на полевым ландшафте. В целях сокращения времени проведения работ, уменьшения рисков повреждения техники и экипажа необходимо использовать автоматизацию с помощью интеллектуальных методов поддержки принятия решений. Обсудим их подробнее, сделав упор на методы, применимые для поиска и устранения неисправностей на аппаратуре войск РЭБ.

Интеллектуальная поддержка принятия решений предполагает использование специализированных информационных систем, алгоритмов машинного обучения и искусственного интеллекта для анализа данных, выявления угроз и принятия обоснованных управленческих решений в области радиоэлектронной диагностики. Этот подход позволяет управляющему персоналу оперативно реагировать на угрозы, принимать меры по предотвращению инцидентов и обеспечивать непрерывность функционирования радиоэлектронных систем.

С использованием методов машинного обучения и анализа больших данных, системы интеллектуальной поддержки принятия решений способны обрабатывать большие объемы информации, идентифицировать аномалии в поведении пользователей, выявлять потенциальные уязвимости и предсказывать возможные угрозы для сбоев и отказов. Это позволяет управленческому персоналу принимать обоснованные решения по обеспечению исправности аппаратуры, а также разрабатывать стратегии по улучшению уровня защиты.

Эффективность интеллектуальной поддержки принятия решений. Эффективность интеллектуальной поддержки принятия решений как метод обеспечения исправности аппаратуры подтверждается опытом многих организаций, которые активно используют подобные технологии в области своей деятельности.

Стоит отметить, что так называемое «принятие управленческих и иных решений» – это особый вид целенаправленной интеллектуальной деятельности, который состоит из следующих этапов:

1. Формулировка цели управления.
2. Описания ситуаций, в которых может происходить достижение цели.
3. Разработка вариантов решений, обеспечивающих достижение цели.
4. Выработка и обоснование правила (критерия) сравнительной оценки вариантов решений с учетом затрат ресурсов и результатов, связанных с каждым из этих вариантов.
5. Принятие решения о наилучшем выборе.

Последний из этих этапов, как правило, выполняется только человеком, облечённым ответственностью за принимаемое решение. В то же время существует множество задач управления, где решения принимаются компьютерной моделью человеческого интеллекта – роботом или автоматической системой. Это могут быть весьма серьезные задачи, в которых на принятие решения отводится столь малое время, что естественная (физическая) реакция человека не отвечает этому типу ограничений.

Матрица максиминных выигрышей. В качестве интеллектуального метода поддержки принятия решений возможно использовать матрицу максиминных выигрышей (или минимаксных проигрышей) для более эффективной работы АТО.

Матрицы максиминных выигрышей и минимаксных проигрышей являются мощными инструментами, которые могут помочь операторам станции помех принимать решения в условиях неопределённости. Суть данного метода состоит в том, что матрицы включают в себя так называемую «стратегическую игру», которая подразумевает за собой ситуации соперничества, исход в которых зависит от поведения игроков. В отличие от азартных игр, где исход зависит от случая, в СИ поведение (стратегии) игроков определяются на основе планирования как можно большего количества стратегий противника и формирования количества своих стратегий. При выборе оптимальной стратегии, которая будет лучшим ответом на стратегию противника, работа оператора в той или иной ситуации повлечет за собой максимально возможный успех [4, с. 85].

$$\max(i) \min(j) R_{i,j}^B,$$

где $i = (1, \dots, m)$ – индекс (номер) стратегий игрока В; $j = (1, \dots, n)$ – индекс (номер) стратегии игрока А; $R_{i,j}^B$ – элемент матрицы игры, соответствующий максиминному выигрышу игрока В. Сама матрица представляет собой таблицу, в которой строки представляют возможные действия станции помех, а столбцы – возможные действия противника. Каждый элемент матрицы (см. таблицу) содержит оценку ожидаемого выигрыша (положительное число) или проигрыша (отрицательное число) для станции помех в зависимости от ее действий или действий противника.

Рассмотрим, как данным методом может воспользоваться оператор станции помех.

Автоматизированная станция помех (АСП) является основным компонентом систем радиоэлектронной борьбы, используемым для обнаружения, анализа и подавления вражеских радиосигналов. Система обработки сигналов и принятия решений на базе АСП играет решающую роль в обеспечении эффективного выполнения стратегических задач.

Целью оператора станции помех является выбор такого действия, которое максимизирует минимальный выигрыш, представленный в матрице (табл. 1).

1. Максиминная-минимаксная матрица

i/j	A_1	A_2	A_3	A_4
B_1	X_1	X_2	X_3	X_4
B_2	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
B_3	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4
B_4	K_1	K_2	K_3	K_4

Операторы станции помех могут использовать матрицы для оценки различных вариантов действий и выбора оптимальной стратегии в условиях неопределённости, а также опасности военного характера следующим образом:

1. Составить матрицу для конкретной оперативной обстановки, учитывая возможные действия станции помех и противника.
2. Рассчитать ожидаемых выигрыш (максиминный выигрыш) или проигрыш (минимаксный проигрыш) для каждого действия станции помех.
3. Выбрать действие, которое максимизирует минимальный выигрыш или минимизирует максимальный проигрыш.

Данный подход поможет операторам принимать обоснованные решения, даже когда информация о противнике неполная или неопределенная, повышая эффективность работы станции помех и ее способность подавлять и обманывать электронные средства противника. Стоит отметить, что подход включает в себя работу с описанными выше методами поиска и устранения неисправностей. Оператор, в случае возникновения ситуации, требующей быстрого выявления проблемы, а также ее решения, сможет воспользоваться данным подходом правильно спроецировав матрицу. Это поможет в любых условиях и ситуациях получить максимально возможный, положительный результат.

Собрав все воедино, а именно работу АТО, включающую в себя систему обработки сигналов, методы поиска и устранения неисправностей, а также интеграцию интеллектуальных систем и модель матриц, рассмотренных выше, мы можем получить абсолютно уникальную систему работы с АТО, которая значительно улучшит работу оператора в условиях СВО. Использование методов поиска и устранения неисправностей позволяет оптимизировать эту систему, повышая ее надежность, производительность и оперативную готовность. Интеграция интеллектуальных систем и модели матриц значительно упростят работу операторам, а постоянный поиск неисправностей и их устранение гарантирует, что АТО всегда будет готова эффективно выполнять свои задачи в условиях сложных электромагнитных помех.

Заключение. В данной статье были рассмотрены порядок ремонта техники РЭБ, классические методы поиска и устранения неисправностей и их применение на АТО станций помех. Также была рассмотрена интеграция интеллектуального метода максиминных выигрышей в работу оператора АТО в условиях СВО в целях сокращения поиска и устранения неисправностей на аппаратуре войск РЭБ.

Список использованных источников

1. Учебно-методическая разработка по учебной дисциплине «Основы эксплуатации средств РЭБ». – Тамбов. – 10 с.
2. Пособие по аппаратной технического обеспечения. Памятка оператору. – Тамбов. – 2021 – 31 с.
3. Учебно-методическая разработка по учебной дисциплине «Техническая эксплуатация средств радиоэлектронного подавления в соединениях, воинских частях и подразделениях РЭБ». – Тамбов. – 10 с.
4. Тютюнник, В. М. Интеллектуальные информационные системы / В. М. Тютюнник, А. Д. Дубровин – Тамбов : МИНЦ “Нобелистика”, 2012. – 356 с.

References

1. Educational and methodological development on the academic discipline "Fundamentals of the operation of electronic warfare equipment". – Tambov. – 10 p.
2. Hardware maintenance manual. A reminder to the operator. – Tambov. – 2021 – 31 p.
3. Educational and methodological development on the academic discipline "Technical operation of electronic warfare equipment in formations, military units and electronic warfare units". – Tambov. – 10 p .
4. Tyutyunnik, V. M. Intelligent information systems / V. M. Tyutyunnik, A. D. Dubrovin – Tambov : MINTS “Nobelistics”, 2012. – 356 p.

УДК 623.746.4-519

А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков
(Войсковая часть 2462,
г. Москва, Россия)

ЗАЩИТА ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ОТ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Аннотация. В статье рассмотрен подход противодействию беспилотным летательным аппаратам, виды противодействия, рассмотрен опыт создания и применения средств подавления и поражения.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, средства противодействия, средства подавления, средства поражения.

A. Y. Berdnikov, S. N. Kukankov

(Military unit 2462,
Moscow, Russia)

PROTECTING THE UNIT FROM UNMANNED AERIAL VEHICLES

Abstract. The article considers the approach to countering unmanned aerial vehicles, types of counteraction, and the experience of creating and using means of suppression and destruction.

Keywords: unmanned aerial vehicle, means of counteraction, means of suppression, means of destruction.

Одной из серьезных проблем, с которой столкнулись подразделения российской армии в ходе специальной военной операции, стало массовое использование противником беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), в первую очередь коммерческих малогабаритных квадрокоптеров. Дело в том, что более крупные БПЛА по своему принципу обнаружения и по используемым средствам противодействия (в первую очередь это средства ПВО) неприципиально отличаются от средств обнаружения и поражения традиционных летательных аппаратов. А вот малые БПЛА создают значительные трудности для противодействия им.

Малые БПЛА характеризуются ничтожной эффективной площади рассеивания (ЭПР) в первую очередь из-за небольших размеров и широкого применения в их конструкции пластика. Они также имеют незначительную тепловую, акустическую и оптическую сигнатуры.

Даже при их обнаружении вопрос поражения или противодействия им стоит очень остро. Существующие средства ПВО не были рассчитаны на поражение данных объектов. Часто стоимость зенитной ракеты в несколько раз (а то и в десятки раз) превышает стоимость поражаемого БПЛА, а средства наведения и конструкции взрывателей не рассчитывались на поражение столь малоразмерных и низкоскоростных целей. Применение тактики "роя" (когда объект охраны или комплекс ПВО атакуют одновременно множество БПЛА с одного или разных направлений) приводит к истощению боезапаса и прорыва БПЛА к объекту атаки [1].

Вполне ожидаемо, что развитие беспилотных систем стало специфическим вызовом, требующим ответа. Для противодействия противнику, имеющему на вооружении беспилотные системы различного назначения, требуются средства, способные находить подобную угрозу и избавлять от нее.

Как следствие, в последнее время при создании новых систем защиты особое внимание уделяется противодействию БПЛА.

Наиболее очевидным и эффективным способом противодействия БПЛА выглядит обнаружение подобной техники с последующим уничтожением. Для решения такой задачи могут использоваться как существующие образцы военной техники, доработанные соответствующим образом, так и новые системы. К примеру, отечественные комплексы ПВО последних моделей в ходе разработки или обновления получают возможность отслеживания не только самолетов или вертолетов, но и беспилотных аппаратов. Также обеспечивается сопровождение и уничтожение подобных объектов. В зависимости от типа и характеристик цели могут применяться самые разные системы противовоздушной обороны с различными характеристиками [2].

Одним из главных вопросов при уничтожении БПЛА является их обнаружение с последующим сопровождением. В состав современных зенитных комплексов большинства типов входят радиолокационные станции обнаружения с различными характеристиками. Вероятность обнаружения воздушной цели зависит от некоторых параметров, прежде всего от ее эффективной площади рассеяния (ЭПР). Сравнительно крупные БПЛА отличаются большей ЭПР, что облегчает их обнаружение. В случае с малогабаритными аппаратами, в том числе построенными с широким использованием пластика, ЭПР уменьшается, а задача обнаружения серьезно усложняется. Способы противодействия беспилотным летательным аппаратам нацелены на прекращение перемещения БПЛА, срыв выполнения ими задач, а также их физическое уничтожение или захват. К основным способам противодействия относятся:

- радиоэлектронное воздействие (блокирование, подавление);
- информационно-программное воздействие (перехват, спуффинг, DDoS-атаки);
- микроволновое воздействие (электромагнитное воздействие);
- оптоэлектронное воздействие (лазерное воздействие);
- механическое воздействие (ловля специальными сетями, огневое и кинетическое воздействие).

Соответственно развиваются и средства борьбы с беспилотниками. В настоящее время в разной степени разработки находится несколько видов таких средств.

Лазерные. Современные специалисты успешно разрабатывают пилотные проекты, на базе которых бронемашины, грузовики и военные корабли

оснащаются твердотельными лазерными установками для выведения из строя беспилотников.

Лазер может применяться в двух режимах:

- низкоэнергетическом: выведение из строя у БПЛА сенсоров цели.
- высокоэнергетическом: полное разрушение БПЛА.

Масштаб действия лазерной установки достигает нескольких километров. Но эффективность их нестабильна и зависит от атмосферных факторов. В град, снег, дождь, туман лазерные установки работают хуже.

Противодроны. Силовые и полицейские структуры активно применяют для борьбы с беспилотниками специальные дроны с мощным двигателем и защищенным корпусом. Дроны-перехватчики могут функционировать в автоматическом режиме и включаться при обнаружении звука БПЛА либо через систему «компьютерного зрения». Некоторые перехватчики дополнительно оснащаются сеткой для поимки нарушителя и доставки его на базу.

Акустические. Акустическое оружие выводит из строя беспилотник через дестабилизацию его гироскопа. В этой ситуации беспилотный аппарат теряет способность ориентироваться в воздушном пространстве и падает. Но такой вид воздействия несет потенциальную опасность окружающим, ведь неизвестно, куда именно упадет беспилотник.

Микроволновые. Радиочастотное микроволновое оружие работает на простейшем принципе: в район перехвата БПЛА идет пучок направленных радиоволн с определенной плотностью энергопотока. Микроволновые лучи разрушительно действуют на электронную начинку аппарата и выводят ее из строя.

Подобные установки функционируют в режиме импульсов и имеют следующие разновидности:

- установка ближнего радиуса действия (дальность до 300 м), система отличается мобильностью и легко размещается даже на небольшом автомобиле;
- дальнобойная (дальность несколько километров), более габаритные установки с мощными излучающими антеннами и генераторами.

Радиоэлектронная борьба. Установки для радиоэлектронной борьбы относятся к одним из распространенных методик борьбы с беспилотниками. Такие модели отличаются компактностью и по размерам намного меньше лазера. Радиоэлектронные станции провоцирует помехи между БПЛА, спутником и пультом управления, что приводит к аккуратному приземлению.

Существует несколько разновидностей РЭБ по видам действия:

- автоматизированные для обнаружения беспилотных аппаратов в определенном спектре (радарные, оптические, акустические, с радиоизлучением, смешанного типа);
- для перехвата управления;
- для создания помех в системе управления беспилотника;
- для создания помех в устройствах геопозиционирования на частотах ГЛОНАСС/GPS;
- для создания помех в системах бортовой электроники (микроволновые модули, работающие на ЭМИ).

Традиционные. Активно применяются и традиционные методы борьбы с БПЛА. Это ПВО (системы противовоздушной обороны). Но такие методы оправдывают себя только при выведении из строя крупных беспилотников. Средства ПВО не могут улавливать низкоскоростные и малоразмерные модели и почти не имеют шанса их ликвидировать, особенно если противник выпускает в небо сразу большое количество БПЛА. Для уничтожения мелких беспилотников могут использовать зенитные снаряды, оснащенные радиоуправляемым взрывателем.

Сети. Квадрокоптеры, снабженные сетями из кевлара (пара-арамидное волокно повышенной прочности). Они обладают радиусом захвата до 300 м (зависит от модификации) и могут работать как в автономном, так и управляемом режиме [3].

Российские специалисты разрабатывают новые эффективные боеприпасы для уничтожения беспилотников малых размеров. Так на Армии-2023 был показан отечественный 23-мм картечный снаряд с программируемым дистанционным подрывом для зенитных установок ЗУ-23-2. Предположительно, каждый содержит около сотни поражающих элементов в виде миниатюрных дротиков. Двуствольные 23-мм пушки широко применяются российскими войсками в спецоперации, в том числе для борьбы с БПЛА. Появление снарядов, снаряженных огромным количеством поражающих элементов с программируемыми взрывателями, конечно, внесло бы вклад в дело борьбы с вражескими беспилотниками [4].

Также известен снаряд, содержащий направленную осколочную боевую часть, выполненную с отклонением от осевой симметрии, содержащую заряд взрывчатого вещества с расположенной на его боковой стороне осколочной пластиной и траекторный взрыватель с детонатором, устройство стабилизации по крену. Продольная ось боевой части расположена параллельно оси снаряда. Снаряд снабжен устройством траекторного доворота

в плоскости, проходящей через касательную к траектории и нормальной к плоскости стрельбы на угол 90° , а между траекторным взрывателем и детонатором заряда взрывчатого вещества установлен элемент замедления. Использование изобретения позволяет повысить эффективность действия снаряда за счет обеспечения направленного потока поражающих элементов [5].

Обычное время задержки – единицы секунд. Технология программируемых взрывателей обеспечивает «нормативные» подрывы во всей зоне эффективного поражения, типичные размеры которой, например, составляют 200 – 4000 м по ширине и 0 – 3000 по высоте, а выше БПЛА легкой, мини- и микро- размерностей (вес 5, 7, 10 и т. д., но не более 120 – 150 кг) не летают.

В современном бою атака БПЛА происходит настолько стремительно, что даже при отлаженной системе взаимодействия с артиллерией времени на успешное отражение может быть недостаточно. Поэтому первоочередной задачей является вооружение каждого бойца средством способным эффективно противодействовать или уничтожить атакующий БПЛА, прежде всего это касается ударных FPV-дронов применяемых на низких высотах, что уменьшает время реагирования. Отчасти проблему решает массовое применение гладкоствольных ружей. Но они не позволяют создавать плотное поле поражающих элементов и только на высотах в десятки метров. Зато каждый боец имеет автомат и возможность использования подствольного гранатомета, необходим только специальный боеприпас для него.

Так, известен осколочно-шрапнельный гранатометный выстрел, состоящий из дистанционного взрывательного устройства, включающего в себя головную (вкручиваемую на резьбе в головную часть корпуса) и донную (вкручиваемую на резьбе в донную часть корпуса) части, камеры сгорания расположенной в хвостовой части гранаты с внешним профилем под форкамеру ствола гранатомета, содержащей метательный заряд с капсюлем-воспламенителем и боевой части, в корпусе которой размещаются разрывной заряд и блок компактных готовых поражающих элементов, залитых буроугольным воском, для сохранения формы блока в служебном обращении, которые под действием продуктов детонации разрывного заряда метаются в сторону цели с добавочной скоростью [6].

Однако, он имеет низкую эффективность при использовании по воздушным целям вследствие осевой конфигурации осколочного поля. Известно, что в случае обеспечения, при разрыве боеприпаса, кругового осколочного поля вероятность уверенного накрытия цели гораздо выше

относительно осевой конфигурацией осколочного поля или радиально направленного. Главным преимуществом боеприпаса с круговым осколочным полем при его использовании по воздушной цели является поражение цели при произвольной стороне промаха.

Также интересным, по нашему мнению, представляется гранатометный выстрел с готовыми поражающими элементами, состоящий из металлического заряда с капсюлем-воспламенителем, пиротехнического замедлительного устройства, которое закреплено в донной части корпуса гранаты с помощью резьбы, боевой части гранаты, вышибного заряда, размещенного в нижней части камеры, и предназначенного для создания давления пороховых газов, под действием которых происходит выброс снаряжения из корпуса гранаты, диафрагмы, готовых поражающих элементов, размещенных в корпусе гранаты, и пыжа, предназначенного для удержания поражающих элементов в сборке.

Но и эта граната не лишена недостатков.

Работы в этом направлении продолжаются, совсем недавно был разработан проект гранатометного выстрела для борьбы с беспилотными летательными аппаратами [8], для создания плотной распределенной в пространстве области высококинетических поражающих элементов.

Гранатометный выстрел для борьбы с беспилотными летательными аппаратами представляет собой модульную конструкцию, состоящую из пластикового цилиндрического корпуса гранатометного выстрела с металлическим зарядом и капсюлем-воспламенителем. Внутри пластикового цилиндрического корпуса гранатометного выстрела вставляются модули, каждый из которых имеет боевую часть с поражающими элементами, свой вышибной заряд с пиротехническим замедлительным устройством. В качестве поражающих элементов используется дробь № 3 диаметром 3,5 мм, по оценкам специалистов это наиболее эффективная дробь для применения по беспилотникам. В модуль в центре устанавливается вышибной заряд, соединенный с трубкой пиротехнического замедлительного устройства модуля состыкованного с трубкой пиротехнического замедлительного устройства выстрела. Причем длина трубки пиротехнического замедлительного устройства выстрела меньше длины трубки пиротехнического замедлительного устройства модуля. В свободное пространство модуля засыпаются поражающие элементы. Модули имеют пластиковый корпус разного диаметра с металлической перегородкой ближе к нижней части. Модуль большего одет на нижестоящий модуль меньшего диаметра. Верхний модуль с помощью резьбового соединения крепится к пластиковому цилиндриче-

скому корпусу гранатометного выстрела, так чтобы трубка пиротехнического замедлительного устройства модуля соединялась с пиротехническим замедлительным устройством выстрела. Также сверху верхний модуль после снаряжения закрывается резьбовой крышкой. Схема гранатометного выстрела для борьбы с беспилотными летательными аппаратами представлена на рис. 1.

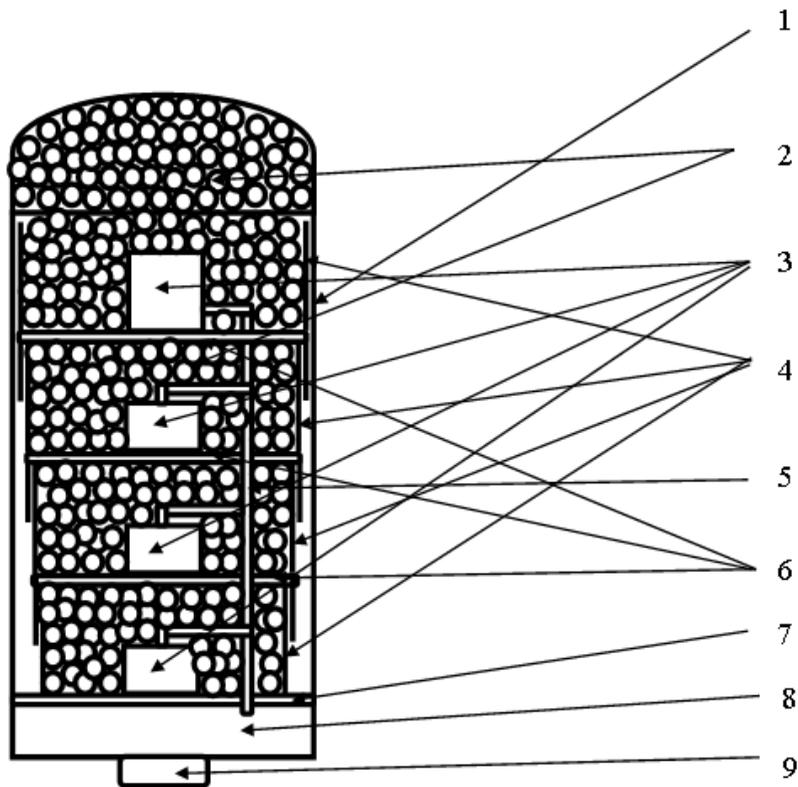


Рис. 1. Гранатометный выстрел для борьбы с беспилотными летательными аппаратами

На рисунке представлены следующие обозначения: 1 – пластикового цилиндрического корпуса гранатометного выстрела; 2 – поражающие элементы; 3 – вышибной заряд; 4 – модули; 5 – пиротехническое замедлительное устройство; 6 – металлическая перегородка; 7 – перегородка для крепления метательного заряда; 8 – метательный заряд; 9 – капсуль воспламенитель.

Гранатометный выстрел работает следующим образом: при угрозе применения БПЛА противником подствольный гранатомет заряжается гранатометным выстрелом для борьбы с беспилотными летательными аппаратами. При обнаружении БПЛА определяются параметры его движения и высота с учетом технических возможностей поражения данным гранатометным выстрелом. При соответствии параметров осуществляется прицеливание и производится выстрел.

Пробивается капсуль воспламенитель и производится воспламенение метательного заряда и пиротехнического замедлительного устройства. Граната вылетает из канала ствола гранатомета со скоростью 76 м/с. Пиротехническое замедлительное устройство позволяет гранате подняться на заданную высоту и провести детонацию вышибного заряда нижнего модуля. К этому моменту горение пиротехнического замедлительного устройства перейдет в вышестоящий модуль. После срабатывания вышибного заряда происходит ускорение вышестоящих блоков, защищенных от разрушения металлической перегородкой. Происходит формирование поражающего поля из поражающих элементов и обломков сработавшего модуля за счет энергии взрыва вышибного заряда и центробежной силы.

Через заложенную при изготовлении пиротехнического замедлительного устройства задержку времени происходит срабатывание вышибного заряда следующего модуля предварительно происходит воспламенение пиротехнического замедлительного устройства уже следующего, вышестоящего модуля. После срабатывания вышибного заряда происходит ускорение вышестоящих блоков, защищенных от разрушения металлической перегородкой. Происходит формирование поражающего поля из поражающих элементов и обломков сработавшего модуля за счет энергии взрыва вышибного заряда и центробежной силы. Происходит сложение полей поражения и формируется область поражения.

Аналогично происходит срабатывание всех имеющихся модулей в результате чего мы получаем большую область поражения, постоянно наполняя ее поражающими элементами с высокой энергией, что увеличивает вероятность поражения цели.

Для увеличения вероятности поражения БПЛА можно произвести серию выстрелов из гранатомета с корректировкой в зависимости от параметров его полета.

Как итог можно констатировать что необходимо комплексное применение имеющихся различных средств обнаружения и поражения для обеспечения эффективного противодействия и поражения различных типов БПЛА, используемых противником на ЛБС.

Список использованных источников

1. . Противодействие беспилотникам – задача, требующая нестандартных решений / Фонд стратегической культуры. – URL: <https://www.fondsk.ru/news/2023/08/10/protivodeystvie-bespilotnikam-zadacha-trebuyuschaya-nestandardnykh-resheniy.html>
2. О борьбе с беспилотными летательными аппаратами / Военное обозрение. – URL: <https://topwar.ru/98134-o-borbe-s-bespilotnymi-letatelnyimi-apparatami.html?ysclid=m5gt1km5rd377812>.
3. Средства борьбы с беспилотниками / KARNEEV SYSTEMS. – URL: <https://www.karneev.com/stati/sredstva-borby-s-bespilotnikami/?ysclid=m5gtr32zgs502373612>.
4. У FPV-дронов – ни шанса. В чем преимущества снарядов с управляемым подрывом / Интернет-портал «Российской газеты». – URL: <https://rg.ru/2024/04/21/oblako-iz-stali.html?ysclid=m5gtyxwpkj715320247>.
5. Патент РФ № 2237230 от 2004 года. Осколочный снаряд направленного действия "СТРИБОГ". / В. А. Одинцов.
6. Патент РФ № 206785 от 2021 года. Осколочно-шрапнельный гранатометный выстрел / Н. Н. Борисов.
7. Патент РФ № 187777 от 2019 года. Гранатометный выстрел с готовыми поражающими элементами / Н. Н. Борисов, Е. А. Котелевский, А. Н. Денисенко, С. А. Мещеряков, И. М. Курицын [и др.].
8. Заявка на полезную модель РФ № №221352 от 2024 года. Гранатометный выстрел для борьбы с беспилотными летательными аппаратами / С. Н. Куканков.

References

1. User Guide is a task, most of the charter flights / One strategic group. – URL: <https://www.fondsk.ru/news/2023/08/10/protivodeystvie-bespilotnikam-zadacha-trebuyuschaya-nestandardnykh-resheniy.html>
2. Fight against drones / Full view. – URL: <https://topwar.ru/98134-o-borbe-s-bespilotnymi-letatelnyimi-apparatami.html?ysclid=m5gt1km5rd377812>.
3. The company fights drones / KARNEEV SYSTEMS. – URL: <https://www.karneev.com/stati/sredstva-borby-s-bespilotnikami/?ysclid=m5gtr32zgs502373612>.
4. The FPV system has a ninance. What is the advantage of guided search / Rossiyskaya Gazeta Internet portal. – URL: <https://rg.ru/2024/04/21/oblako-iz-stali.html?ysclid=m5gtyxwpkj715320247>.
5. RF Patent No. 2237230 dated 2004. Directed-action fragmentation projectile "STRIBOG". Odintsov V. A.
6. Patent of the Russian Federation No. 206785 dated 2021. Fragmentation and shrapnel grenade launcher shot / Borisov N. N.
7. Patent of the Russian Federation No. 187777 dated 2019. A grenade launcher shot with ready-made striking elements / Borisov N. N., Kotelevsky E. A., Denisenko A. N., Meshcheryakov S. A., Kuritsyn I. M. et al.
8. Application for the utility model of the Russian Federation No.221352 dated 2024. A grenade launcher shot to combat unmanned aerial vehicles / Kukankov S.N.

Е. В. Степанов

(Межвидовой центр подготовки и боевого применения
войск радиоэлектронной борьбы (учебный и испытательный),
г. Тамбов, Россия)

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ SDR В ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ

Аннотация. Рассмотрены применение технологии SDR в задачах радиоэлектронной борьбы на примере платы USRP B210. Описаны общее представление и функциональные возможности.

Ключевые слова: SDR, радиоэлектронная борьба, USRP.

E. V. Stepanov

(Specific Training and Combat Use Center
Electronic Warfare Troops (training and testing),
Tambov, Russia)

APPLICATION OF SDR TECHNOLOGY IN PRACTICAL TASKS OF ELECTRONIC WARFARE

Abstract. The application of SDR technology in electronic warfare tasks is considered using the example of the USRP B210 board. The general idea and functionality are described.

Keywords: SDR, electronic warfare, USRP.

Введение. С момента появления радиоэлектронных средств ведения боя радиоэлектронная борьба (РЭБ) стала неотъемлемой частью военных стратегий. Её развитие прошло сложный путь от простейших методов создания помех до высокотехнологичных систем, способных анализировать, подавлять и имитировать сигналы в реальном времени.

С развитием аналоговой электроники в 1950 – 1980-х годах появились специализированные станции помех и системы радиотехнической разведки, способные работать в определённых частотных диапазонах. Однако такие системы оставались громоздкими, дорогими и плохо адаптировались к изменяющимся условиям радиоэлектронной обстановки.

Переломным моментом стала цифровая революция 1990 – 2000-х годов, когда началось активное внедрение цифровой обработки

сигналов (DSP). Это позволило повысить точность и гибкость систем РЭБ, но по-прежнему требовало сложного и дорогостоящего оборудования.

Настоящий технологический прорыв произошёл с появлением программно-определяемого радио (SDR), которое радикально изменило подход к реализации задач РЭБ. Технология SDR, воплощённая в таких устройствах, как USRP B210, позволила перейти от жёстко заданных аналоговых систем к универсальным программно-конфигурируемым платформам.

Платформа USRP B210: общее представление. Устройства серии USRP B210 (рис. 1) представляют собой компактную и недорогую аппаратную основу для программно-определяемых радиосистем, позволяющих быстро проектировать и реализовывать гибкие программно-определяемые системы радиосвязи. Непрерывный частотный диапазон от 70 МГц до 6 ГГц, полоса 56 МГц, ПЛИС Spartan 6, полностью интегрированные радиотракты, скоростное подключение USB 3.0, питание от шины и два когерентных канала приемопередатчика позволяют проводить множество экспериментов с радиосигналами и обеспечивают пользователям возможность разрабатывать и развертывать свои собственные алгоритмы обработки сигналов. Программирование делает их идеальными для задач, связанных с радиоэлектронной борьбой, поскольку требования к цифровой обработке сигналов в РЭБ постоянно меняются в зависимости от оперативной обстановки. Данная плата программируется с помощью драйвера USRP Hardware Driver, позволяя легко портировать разработки в другие устройства, такие как, USRP X310 или USRP E310. USRP Hardware Driver поддерживает следующие ОС: Linux, Mac OSX, Windows.



Рис. 1. Внешний вид платы USRP B210

Основные функциональные возможности USRP B210.

1. Аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование. Плата USRP B210 оснащена высококачественными 12-битными АЦП и ЦАП гибкой частоты оцифровки (от 200 кГц до 56 МГц, 61.44 Мб/с), что позволяет работать с широким диапазоном частот и высоким качеством сигнала. При запросе любой возможной частоты оцифровки программное обеспечение USRP Hardware Driver (UHD) автоматически настроит аналоговые фильтры, чтобы пропустить возможно более «чистый» сигнал.

2. Широкий диапазон частот. Плата поддерживает диапазоны частот от 70 МГц до 6 ГГц; полоса 56 МГц, что позволяет использовать её для передачи, приёма и программной обработки различных видов радиосигналов.

3. Многофункциональность. Плата USRP B210 может работать с разными стандартами и протоколами радиосвязи: LTE, Wi-Fi, Zigbee, LORA, GPS, FM и ТВ сигналы. А также поддерживает когерентную систему приема-передачи 2x2 MIMO.

4. Гибкость программного обеспечения. Поддержка API для GNU Radio, C++, Python и Matlab/Simulink позволяет программно изменять параметры приемопередатчиков платы USRP под конкретные задачи. Пользователи могут разрабатывать и тестировать свои алгоритмы формирования и обработки сигналов без необходимости в сложном оборудовании.

5. Модуляция и демодуляция. Поддержка платой множества видов модуляции (QPSK, OFDM, FSK, QAM и др.), что делает её универсальным инструментом для исследований в области радиосвязи.

6. Синхронизация. Устройства USRP B210 можно синхронизировать между собой с помощью внешних сигналов 10 МГц и PPS (импульс в секунду), а также системы распределения сигнала, такой как Octoclock-G. Однако, следует учитывать, что скорость передачи данных USB 3.0/2.0 значительно изменяется при использовании нескольких устройств на одном контроллере. В общем случае, для построения многоканальных систем рекомендуется использовать устройства серии N200/210 и X300/310, передающие данные по другим интерфейсам.

Применение платы USRP B210 в практических задачах РЭБ.

1. Сканирование и анализ спектра перехваченного сигнала. Основная цель радиотехнической разведки (РТР) в условиях конфликта средств радиолокации и противодействия – достоверное и оперативное извлечение информации о наличии и состояниях радиоэлектронных средств противника. Для этого ведется мониторинг радиочастотного спектра по выявлению активных передатчиков противника и определения их параметров (частота,

мощность передаваемого сигнала, модуляция, полоса частот и др.) [2]. Плата USRP может использоваться для программирования сложных алгоритмов спектрального анализа высокой точности в диапазоне частот противника. Используя API для GNU Radio, C++, Python и Matlab/Simulink, операторы могут также анализировать содержимое перехваченного сигнала.

2. Подавление радиосигналов. Плата USRP может быть использована для создания помех, влияющих на работу радиотехнических систем противника на определенных частотах, с возможностью динамического изменения настроек в зависимости от радиоэлектронной обстановки. При помощи изменения параметров передачи можно создавать различные типы помех (за счёт широкого диапазона частот от 70 МГц до 6 ГГц): например, широкополосные шумы или селективные помехи [3], что позволяет вмешиваться в работу радиоаппаратуры противника. Также поддерживается возможность автоматического определения активных каналов и фильтрации нецелевых сигналов.

3. Имитация радиосигналов. С помощью платы USRP B210 возможно воспроизведение как своих запрограммированных сигналов, так и ранее перехваченных, характерных для различных систем связи, и их использование для обмана и дезориентации противника. Военные подразделения могут использовать платы USRP для создания ложных радиосигналов, представляющих собой имитацию движущихся войск или передачи ложной информации о выполнении различных боевых задач. Такие действия могут отвлекать внимание противника и провоцировать его на принятие неверных решений. Используя USRP B210, можно организовать систему глушения противника на разных частотах, поменяв сигналы на выходе, которые будут мешать вражеским устройствам получать информацию.

4. Передача и прием данных в сложных условиях. Системы РЭБ часто функционируют в условиях, когда надежность связи критически важна. Плата USRP B210 позволяет проводить адаптивную передачу данных с использованием разнообразных алгоритмов модуляции и помехоустойчивого кодирования при низких отношениях сигнал/шум. Современные военные SDR-системы могут менять частотные диапазоны в режиме реального времени в ответ на изменение работы противника, обеспечивая тем самым более надежную связь и подавление противодействия. Все радиоканалы имеют отдельные элементы управления аналогового усиления. Каналы приемника обладают диапазоном усиления 73 дБ, каналы передатчика обладают диапазоном усиления 89,5 дБ.

5. Анализ и моделирование электромагнитной обстановки. Операторы радиоэлектронных средств могут использовать USRP B210 для создания моделей электромагнитного спектра в зоне проведения боевых действий. Производится оценка как своих, так и вражеских частот, типов модуляции и кодирования, наиболее уязвимых для воздействия систем глушения и способов их эффективного подавления.

6. Моделирование и тестирование. Платы USRP могут быть использованы для создания реалистичных моделей радиосигналов, что позволяет военным проводить учения и испытания средств РЭБ. Операторы могут моделировать работу противника, тестируя свою систему в различных сценариях боевых действий, что позволяет выявить уязвимости в собственных протоколах передачи и алгоритмах цифровой обработки сигналов.

7. Интеграция с беспилотными летательными аппаратами. Благодаря своей компактности и небольшому весу (ДхШхВ 9.7х15.5х1.5 см, 350 г) плата USRP B210 может быть интегрирована с БПЛА. В этом случае дроны могут быть использованы для сбора сигналов с поля боя, анализа радиоэлектронной обстановки и передачи информации о противнике в режиме реального времени, а также для создания помех для вражеских систем связи.

Заключение. Сегодня SDR является основой современных систем РЭБ, в частности плата USRP B210 представляет собой мощный инструмент в области радиоэлектронной борьбы. Её возможности в сфере анализа спектра, подавления сигналов, цифровой обработки сигналов, интеграции с БПЛА делают её актуальной в современных военных реалиях. С учетом постоянного развития технологий и методов РЭБ использование плат USRP будет лишь расширяться, играя важную роль в успешной реализации военных стратегий в условиях динамично изменяющегося радиочастотного окружения.

Список использованных источников

1. Куприянов, А. И. Радиоэлектронная борьба / А. И. Куприянов. – М. : Вузовская книга, 2013. – 360 с.

2. Агафонов, А. А. Современная радиоэлектронная борьба. Вопросы методологии / А. А. Агафонов, С. Н. Артюх, В. И. Афанасьев. – М. «Радиотехника», 2006. – 424 с.

3. Баскаков, С. И. Радиотехнические цепи и сигналы : Учеб. Для вузов по спец. «Радиотехника» / С. И. Баскаков. – М. : Высш. шк., 1988. – 448 с.

References

1. Kupriyanov, A. I. Electronic warfare / A. I. Kupriyanov. Moscow : Vuzovskaya kniga, 2013. 360 p.
2. Agafonov, A. A. Modern electronic warfare. Questions of methodology / A. A. Agafonov, S. N. Artyukh, V. I. Afanasyev, Moscow, Radio Engineering, 2006. – 424 p.
3. Baskakov, S. I. Radio engineering circuits and signals: Textbook. For universities on spec. "Radio Engineering" / S. I. Baskakov, Moscow : Higher School of Economics, 1988– 448 p.

УДК 623.746.4-519

А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков
(Войсковая часть 2462,
г. Москва, Россия)

МОБИЛЬНАЯ БЕСПИЛОТНАЯ СИСТЕМА ВОЗДУШНОГО НАБЛЮДЕНИЯ И РАЗВЕДКИ

Аннотация. В статье рассмотрен подход к использованию различных видов беспилотных летательных аппаратов, рассмотрен опыт создания и эксплуатации, варианты энергообеспечения и применения различных средств наблюдения и разведки.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, энергообеспечение.

A. Y. Berdnikov, S. N. Kukankov
(Military unit 2462,
Moscow, Russia)

MOBILE UNMANNED AERIAL SURVEILLANCE AND RECONNAISSANCE SYSTEM

Abstract. The article considers an approach to the use of various types of unmanned aerial vehicles, examines the experience of creation and operation, options for energy supply and the use of various means of surveillance and reconnaissance.

Keywords: unmanned aerial vehicle, power supply.

В последние годы беспилотные летательные аппараты (БПЛА) становятся все более популярными в сфере пограничного патрулирования и таможенного контроля. Эта технология произвела революцию в том, как правоохранительные органы контролируют и охраняют границы, а также обеспечивают соблюдение таможенных правил.

БПЛА оснащаются различными датчиками и камерами, которые позволяют им обнаруживать и контролировать активность на расстоянии. Эта технология позволила пограничным и таможенным службам обнаруживать незаконную деятельность быстрее и точнее, чем когда-либо прежде. Беспилотники можно использовать для наблюдения за большими участками суши и моря, а также для отслеживания лиц, которые могут незаконно пересекать границу.

В дополнение к своим возможностям наблюдения БПЛА также могут использоваться для перевозки средств наблюдения и оборудования в удаленные места. Это позволяет быстро реагировать на любую подозрительную активность, которая может происходить вблизи границы.

В целом, беспилотники произвели революцию в работе пограничных и таможенных органов. Эта технология позволила более эффективно контролировать и защищать границы, а также обеспечивать соблюдение таможенных правил. Поскольку эта технология продолжает развиваться, вполне вероятно, что БПЛА будут продолжать играть важную роль в пограничном и таможенном патрулировании.

Одним из основных преимуществ использования дронов для патрулирования границ и таможенного контроля является их способность обеспечивать наблюдение в режиме реального времени, оснащенные камерами и датчиками, позволяют контролировать большие площади, обеспечивая всесторонний обзор местности.

БПЛА также являются экономичным решением для пограничного патрулирования и таможенного контроля. Они намного дешевле в эксплуатации, чем традиционные методы, такие как самолеты, вертолеты и лодки, и их можно быстро и легко развернуть. Это делает их привлекательным вариантом для правительств и правоохранительных органов, которые хотят сэкономить деньги.

Наконец, они могут использоваться для сдерживания незаконной деятельности. Присутствие БПЛА в этом районе может служить сдерживающим фактором для тех, кто может рассматривать возможность незаконного пересечения границы или участия в других незаконных действиях. Это может помочь уменьшить количество незаконных действий в этом районе, сделав его более безопасным для всех.

Ожидается, что в ближайшие годы использование беспилотников для патрулирования границ и таможенного контроля продолжит расти. По мере развития технологий они будут становиться все более совершенными и смогут выполнять больше задач. Это поможет сделать границы более без-

опасными и эффективными. Это направление применения БПЛА является многообещающим, может помочь повысить безопасность и эффективность.

В настоящее время проводится активный поиск оптимальных решений конструкции БПЛА для решения тех или иных задач. В том числе разрабатываются мобильные малогабаритные беспилотные авиационные системы с беспилотными летательными аппаратами самолетного типа с ручным запуском и парашютной посадкой, предназначенных для воздушного наблюдения, разведки, обнаружения и сопровождения интересующих объектов на суше и на море.

Так, имеется трансформируемый беспилотный летательный аппарат [1], включающий фюзеляж, снабженный приборным отсеком с постоянной полезной нагрузкой, антенным хозяйством и блоком питания, и соединенные с ним крылья, крылья выполнены сменными, а в фюзеляже образованы, по меньшей мере, четыре посадочных места для установки и фиксации сменных крыльев, количество и расположение которых определяется в зависимости от выбранной аэродинамической схемы.

Известна также малогабаритная беспилотная авиационная система для воздушного наблюдения и разведки [2], включающая наземную станцию управления, бортовые и наземные средства радиосвязи, навигации и управления полетом и выполненный по самолетной аэродинамической схеме «разборный БПЛА», содержащий фюзеляж цилиндрической формы, в передней части которого размещен отсек цилиндрической формы с обтекателем в форме полусферы для полезной нагрузки, включающей оптико-электронную систему в виде гиросtabilизированной телевизионной и инфракрасной камеры, сверху фюзеляжа установлен пилон обтекаемой формы, в передней верхней части которого смонтирован парашютный отсек с посадочным парашютом и привязной системой парашюта, снабженной привязными стропами и элементами крепления их к фюзеляжу, в задней части размещена мотогондола с электрическим двигателем толкающего типа, снабженным складным пропеллером, высоко расположенное крыло, имеющее трапециевидную форму и состоящее из левой консоли крыла, снабженной левым элероном, и правой консоли крыла, снабженной правым элероном, прикрепленных к фюзеляжу с помощью разъемного соединения с применением узлов крепления и фиксации, и закрепленную к задней части фюзеляжа хвостовую балку, несущую Т-образное хвостовое оперение с неподвижным вертикальным оперением и с горизонтальным оперением, снабженным по его задней кромке рулем высоты.

Разработана также и малогабаритная беспилотная авиационная система [3] для воздушного наблюдения и разведки, включающая наземную станцию управления; бортовые и наземные средства радиосвязи, навигации и управления полетом; пусковое устройство и несущий полезную нагрузку разборный беспилотный летательный аппарат модульной конструкции, который может быть легко собран для полета и разобран для транспортировки в компактном контейнере, содержащий носовую часть с установленной в ней полезной нагрузкой, содержащую носовой обтекатель с прорезанным в нем отверстием, закрытым прозрачным материалом; левую и правую части крыла, содержащие продольные лонжероны, поперечные нервюры, обшивку и элероны, управляемые сервоприводами, установленными на нижней поверхности частей крыла; фюзеляж, содержащий центральный лонжерон, узлы крепления и замочные соединения носовой части, левой и правой частей крыла к фюзеляжу; силовую установку, расположенную в фюзеляже и снабженную двигателем с воздушным винтом, центральный лонжерон фюзеляжа выполнен в виде съемной трубки из композитных материалов, средняя часть которой плотно размещена внутри дополнительно расположенного в фюзеляже и прикрепленного к его боковым стенкам центрального цилиндрического держателя, продольная ось которого перпендикулярна продольной оси фюзеляжа, а периферийные части указанной трубки плотно входят в дополнительно и соосно установленные в левой и правой частях крыла боковые цилиндрические держатели; на торцах съемной трубки центрального лонжерона фюзеляжа, входящих в указанные боковые держатели в левой и правой частях крыла, установлены дисковые вставки из композитного материала.

Одним из важных условий выполнения задания БПЛА является создание конструкции беспилотного летательного аппарата, позволяющей оперативно доставлять беспилотную систему в заданный район применения, как транспортными средствами, так и в пешем порядке, имеющей разборную, быстрособираемую конструкцию, с солнечной батареей, которая обеспечит возможность длительного нахождения в воздухе с применением электродвигателей и пополнения запасов электроэнергии в полете, с ручным запуском и парашютной посадкой.

Решением данной задачи будет создание мобильная беспилотная система для воздушного наблюдения и разведки [4], содержащей мобильную наземную станцию управления, наземные средства радиосвязи, навигации и управления полетом. Беспилотный летательный аппарат выполненный по схеме «летающее крыло» и имеющий разборный каркас, балки которого

вставляется в специальные пазы эластичной оболочки. На верхнюю поверхность оболочки нанесена гибкая солнечная батарея, соединенная с плоским аккумулятором расположенном в специальном кармане на нижней поверхности. Балки каркаса в носовой части корпуса беспилотного летательного аппарата крепятся с фиксацией в блок полезной нагрузки, содержащий средства радиосвязи, навигации и управления, телевизионные и инфракрасные камеры, установленные на гиостабилизированной платформе. Там же расположена и парашютная система. В кормовой части корпуса, несущая балка каркаса и балка кормовой рулевой панели крепятся с фиксацией в гнезда на маршевых электродвигателях. Маршевые электродвигатели снабжены толкающими винтами, винты защищены вертикальными стабилизаторами, расположенными на корпусах маршевых электродвигателей. Между маршевыми электродвигателями на балке кормовой рулевой панели расположены горизонтальные рули, управление которыми осуществляется отдельным электродвигателем с сервоприводом. На балке кормовой рулевой панели так же расположено устройство защиты при посадке. Схема мобильной беспилотной системы для воздушного наблюдения и разведки представлена на рис. 1.

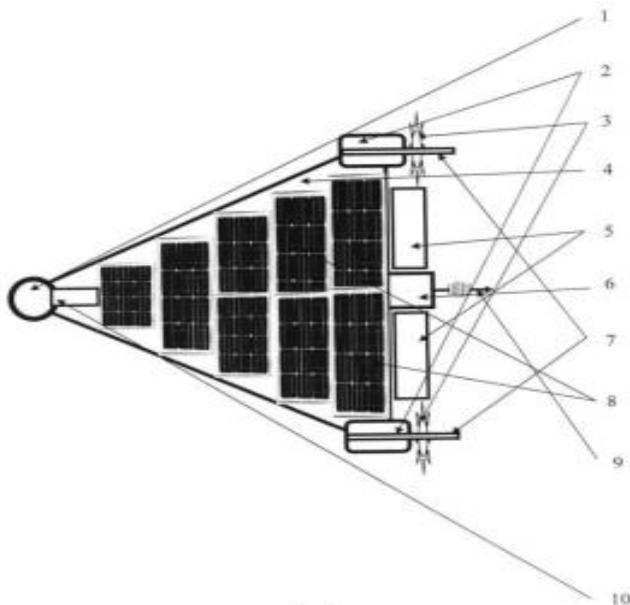


Рис. 1. Схема мобильной беспилотной системы для воздушного наблюдения и разведки

На рисунке представлены следующие обозначения: 1 – блок полезной нагрузки; 2 – маршевые электродвигатели; 3 – толкающие винты; 4 – эластичная оболочка; 5 – горизонтальные рули; 6 – электродвигатели с сервоприводами; 7 – вертикальный стабилизатор; 8 – солнечная батарея; 9 – устройство защиты при посадке; 10 – парашютная система.

На рисунке 2 представлен вид справа на мобильную беспилотную систему для воздушного наблюдения и разведки.

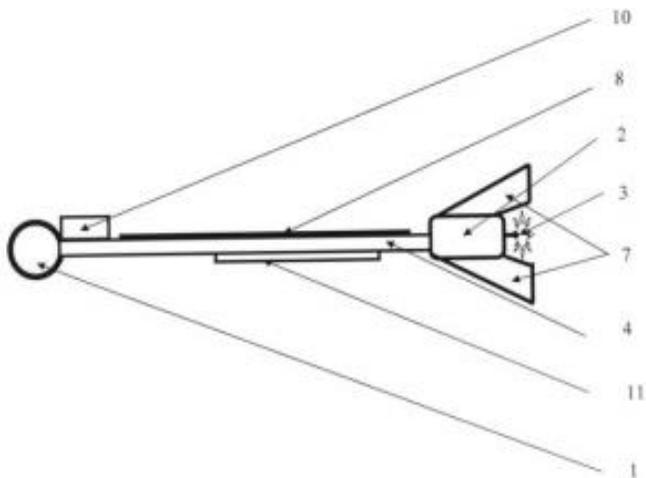


Рис. 2. Схема мобильной беспилотной системы для воздушного наблюдения и разведки

На рисунке представлены следующие обозначения: 11 – аккумулятор.

Мобильная беспилотная система для воздушного наблюдения и разведки, имеющую в своем составе наземную станцию управления, наземные средства радиосвязи, навигации и управления полетом, а также беспилотный летательный аппарат в разобранном виде транспортируют к месту использования имеющимися транспортными средствами или переносят в зависимости от характеристики местности.

Подготовка к применению включает в себя разворачивание наземных средств управления, сборку, и запуск беспилотного летательного аппарата. Из укладки извлекаются составные части, и осуществляется сборка. Разворачивается эластичная оболочка, на верхнюю часть которой нанесена солнечная батарея, в пазы по краю эластичной оболочки вставляются балки каркаса, выполненные из легкого и прочного углепластика. В носовой ча-

сти, балки каркаса вставляются в специальные пазы и фиксируются в блоке полезной нагрузки. В кормовой части корпуса, несущая балка каркаса и балка кормовой рулевой панели крепятся с фиксацией в гнезда на маршевых электродвигателях которые снабжены толкающими винтами, а винты защищены вертикальными стабилизаторами на корпусах маршевых электродвигателей. На балке кормовой рулевой панели расположены горизонтальные рули, управление которыми осуществляется отдельным электродвигателем с сервоприводом. На балке кормовой рулевой панели так же расположено устройство защиты при посадке. В специальный карман на нижней поверхности вставляется аккумуляторная батарея и осуществляется коммутация системы электропитания, системы управления и наблюдения.

Старт беспилотного летательного аппарата мобильной беспилотной системы для воздушного наблюдения и разведки осуществляется ручным запуском. В процессе полета беспилотный летательный аппарат управляется с мобильной наземной станции управления, используя средства радиосвязи и навигации. Полет летательного аппарата осуществляется с помощью двух маршевых электродвигателей с толкающим винтом. В полете осуществляется наблюдение с использованием телевизионной и инфракрасной камеры, установленных на гиростабилизированной платформе. Изменение параметров полета осуществляется изменением угла горизонтальных рулей (по высоте) и изменением мощности одного или другого маршевых двигателей (по тангажу). Изменение угла отклонения горизонтальных рулей осуществляется электродвигателем с сервоприводом. Время использования мобильной беспилотной системы для воздушного наблюдения и разведки зависит от решаемой задачи или возможностей системы электропитания. Основным источником электропитания всех потребителей системы является аккумуляторная батарея, которая в свою очередь имеет возможность пополнения энергии в полете за счет использования солнечной батареи.

После выполнения поставленной задачи осуществляется посадка беспилотного летательного аппарата парашютным способом с использованием парашютной системы. Для предотвращения повреждения наиболее важных блоков при соприкосновении с землей (блока полезной нагрузки, маршевых электродвигателей и их винтов, горизонтальных рулей и т.д.) установлено устройство защиты при посадке, демпфирующее удар вместе с вертикальными стабилизаторами.

Список использованных источников

1. Патент РФ № 2688506 от 2019 года. Трансформируемый беспилотный летательный аппарат. / А. П. Ушаков.
2. Патент РФ № 2748623 от 2021 года. Малогабаритная беспилотная авиационная система для воздушного наблюдения и разведки / Ю. И. Малов, Д. А. Кибец, А. В. Колдаев, М. С. Завьялов.
3. Патент РФ № 2473455 т 2013 года. Малогабаритная беспилотная авиационная система / А. И. Гуртовой, А. В. Колдаев, М. Ю. Малов.
4. Патент РФ № 2793711 от 2023 года. Мобильная беспилотная система для воздушного наблюдения и разведки / А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков.

References

1. Patent of the Russian Federation No. 2688506 dated 2019. Transformable unmanned aerial vehicle. / Ushakov A.P.
2. Patent of the Russian Federation No. 2748623 dated 2021. Small-sized unmanned aircraft system for aerial surveillance and reconnaissance. / Malov Yu. I., Kibets D. A., Koldaev A. V., Zavyalov M. S.
3. Patent of the Russian Federation No. 2473455 t of 2013. Small-sized unmanned aircraft system / Gurtovoy A. I., Koldaev A. V., Malov M. Yu.
4. RF Patent No. 2793711 dated 2023) Mobile unmanned system for aerial surveillance and reconnaissance / Berdnikov A. Yu., Kukankov S. N.

УДК 623.62

И. А. Костяев, М. А. Устинов

(Межвидовой центр подготовки и боевого применения
войск радиоэлектронной борьбы (учебный и испытательный),
г. Тамбов, Россия)

РОЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СВО ВОЙСКАМИ РЭБ

Аннотация. В данной статье рассмотрены интеллектуальные нейросетевые системы, применяемые в войсках РЭБ, технологии их реализации на поле боя, а также эффективность их применения.

Ключевые слова: радиоэлектронная борьба, искусственные нейронные сети, интеллект, вычислительные системы, нейронные связи, новые разработки.

I. A. Kostyaev, M. A. Ustinov
(Specific Training and Combat Use Center
Electronic Warfare Troops (training and testing),
Tambov, Russia)

THE ROLE OF INTELLIGENT TECHNOLOGIES AND THE EFFECTIVENESS OF THEIR APPLICATION IN THE CONDITIONS OF THEIR OWN EW TROOPS

Abstract. This article discusses intelligent neural network systems used in the electronic warfare forces, technologies for their implementation on the battlefield, as well as the effectiveness of their use.

Keywords: electronic warfare, artificial neural networks, intelligence, computing systems, neural connections, new developments.

В настоящее время, когда войска РЭБ играют одну из значительных ролей на поле боя, необходимо быстро в режиме реального времени анализировать события, происходящие во время сражения, предоставлять и классифицировать полученную информацию об источниках радиоионизации и потенциальных объектах противника в удобном объёмном графическом виде, а также осуществлять поддержку принятия решения операторов с целью повышения оперативности принятия решений и повышении качества управления военной техникой. С целью осуществления на практике данных идей в России разрабатываются и применяются целые комплексы программных аналитических модулей и технологий с использованием нейросетей.

Нейросети, основаны на искусственных нейронах – базовой единице обработки информации, которые принимают входные сигналы от предыдущих слоев или внешних источников, выполняют вычисления и передают сигнал следующему слою. Каждый нейрон состоит из следующих элементов:

1. Входные связи (веса), определяющие силу влияния каждого сигнала.
2. Функция активации, преобразующая взвешенную сумму сигналов во внутренний отклик нейрона.

Простейшая формула расчета выходного значения нейрона выглядит следующим образом:

$$y = f\left(\sum_i w_i x_i + b\right) \quad y = f\left(\sum_i w_i x_i + b\right), \quad (1)$$

где w_i – вес i -го входа; x_i – значение i -го входа; b – смещение (bias); $f(\cdot)$ – функция активации.

Также нейросети имеют специфичную архитектуру, которая организована в виде слоёв, где каждый слой представляет собой набор нейронов и включает следующие слои:

Входной слой: принимает данные извне и передаёт их дальше.

Скрытые слои: обрабатывают данные, выявляя закономерности и извлекая признаки.

Выходной слой: формирует итоговое решение или предсказание.

Таким образом, нейросеть – это сложная система взаимосвязанных нейронов, организованных слоями, способная выполнять огромное количество задач, например:

1. Обрабатывать большие объемы данных, что делает их идеальными для работы с большими наборами информации, такими как изображения, текст или аудио.

2. Автоматически извлекать значимые признаки из данных, что снижает необходимость в ручной предварительной обработке и инженерии признаков.

3. Адаптироваться для решения различных задач, таких как классификация, регрессия, сегментация и генерация, что делает их универсальным инструментом в машинном обучении.

4. При достаточном количестве данных и правильной архитектуре достигать высокой точности в своих прогнозах и классификациях, часто превосходя традиционные методы.

5. Обучаться на сложных паттернах, т.е. могут выявлять сложные и нелинейные зависимости в данных, которые могут быть недоступны для более простых алгоритмов.

6. Легко интегрироваться с различными системами, например, встраиваться в станции и изделия войск РЭБ.

Видя явные преимущества нейросетей по сравнению с другими аналогами, российские разработчики оборонно-промышленного комплекса решили разработать на их основе аналитические модули для боевого применения.

Аналитический модуль сопрягается со станцией РЭБ, которая в свою очередь обеспечивает поступление информации об радиоэлектронных объектах и источниках радиоизлучения противника на модуль, который анали-

зирует и обрабатывает непрерывно поступающие данные и графически моделирует их.

Модуль аналитики способен проанализировать источник радиоизлучения и классифицировать его на основе вторичных признаков и моделей поведения, заложенных в огромном количестве библиотек, баз данных и нейронах нейросети, и как следствие представить операторам аналитические отчёты и возможность выполнить то или иное действие.

Примером эффективности является ситуация, при которой необходимо молниеносно выполнить экстренное подавление объекта потенциального противника, если нейросеть на основе вычислений определила, что тот несёт угрозу, или не предпринимать никаких действий, т.к., например, целью является дрон-разведчик, а применение радиоэлектронного воздействия приведёт к демаскированию техники и экипажа.

Список использованных источников

1. Пшихопов, В. Х., Медведев М. Ю. Управление подвижными объектами в определенных и неопределенных средах. / В. Х. Пшихопов, М. Ю. Медведев. – М. : Наука. – 2011.
2. Макаров, И. М.. Интеллектуальные системы автоматического управления. / И. М. Макаров, В. М. Лохин. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2001.
3. Модель организации военно-профессиональной подготовки специалистов радиоэлектронной борьбы для выполнения задач дезорганизации систем управления робототехническими средствами иностранных армий / С. В. Голубев, В. К. Кирьянов, М. В. Жирнов // Военная мысль. – 2020. – №. 2. – С. 147 – 156.

References

1. Pshikhopov, V. H., Medvedev M. Y. Control of mobile objects in certain and indefinite environments. / V. H. Pshikhopov, M. Y. Medvedev. – М. : Nauka. – 2011.
2. Makarov, I. M. Intelligent automatic control systems. / I. M. Makarov, V. M. Lokhin. – М. : FIZMATLIT, 2001.
3. Golubev S. V., Kiryanov V. K., Zhirnov M. V. A model for organizing military professional training of electronic warfare specialists to perform tasks of disorganizing control systems for robotic equipment of foreign armies // Military Thought. – 2020. – No. 2. – pp. 147-156.

А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков
(Войсковая часть 2462,
г. Москва, Россия)

ПАССИВНЫЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫХ БПЛА

Аннотация. В статье рассмотрен подход к созданию оборонительных сооружений, предназначенных для защиты личного состава от воздействия ручных гранат, гранат от различных видов гранатометов, сбрасываемых с БПЛА.

Ключевые слова: БПЛА, беспилотный летательный аппарат, ручные гранаты, гранаты от различных видов гранатометов.

A. Y. Berdnikov, S. N. Kukankov
(Military unit 2462,
Moscow, Russia)

PASSIVE MEANS OF PROTECTION AGAINST WEAPONS USED BY UAVS

Abstract. The article considers an approach to the creation of defensive structures designed to protect personnel from the effects of hand grenades, grenades from various types of grenade launchers dropped from UAVs.

Keywords: UAV, unmanned aerial vehicle, hand grenades, grenades from various types of grenade launchers.

Последние несколько лет вывели беспилотные летательные аппараты на новый уровень практического применения, как в сфере безопасности объектов, так и для нанесения ударов с воздуха по местам сосредоточения личного состава и техники. Сегодня передовые робототехнические технологии, системы дополненной реальности и искусственный интеллект стали основой для развития новых беспилотных технологий. Эту тенденцию можно отнести и к развитию систем защиты объектов. Настолько всё стремительно меняется. Особенно эти изменения заметны в военной сфере, в сравнении с войнами прошлого, произошло широкое внедрение беспилотников, малых дронов, как разведывательных, так и ударных (со сбросами или в формате FPV, «камикадзе»). К тому же идёт постоянная эволюция, совершенствование и рост угроз от таких систем. Эти реалии диктуют но-

вые подходы к маскировке, фортификациям, защите себя, позиций и боевой техники.

Существующие технологии изготовления малоразмерных летательных аппаратов и доступность комплектующих на рынке позволяют сегодня не только исследовать уязвимости физической защиты объектов с воздуха, но и непосредственно доставлять взрывчатые или отравляющие вещества с помощью дронов.

Количество выпускаемых мелкими мастерскими дронами, способных нести такую угрозу, достигает тысяч в месяц (в среднем один сборщик собирает 60–100 боевых дронов в месяц).

Активное применение технологии 3D-печати позволяет адаптировать конструкцию дронов под конкретные боевые задачи, и если раньше на разработку новых образцов уходили месяцы, то сегодня этот процесс происходит непрерывно, постоянно совершенствуя лётно-технические характеристики беспилотников, целевые нагрузки и системы сброса.

В этой связи необходимо контролировать верхнюю полусферу над объектами, обеспечивая в первую очередь защиту от малоразмерных летательных аппаратов. Основные угрозы, которые несут мелкие и средние дроны можно разделить на два типа: обнаружение и поражение. Если вас, вашу позицию, технику рассмотрел оператор дрона, то дальше возможны варианты:

- если это просто разведчик («крыло» или квадрокоптер), он наведёт артиллерию, миномёт, другой (ударный) дрон, или будет корректировать действия штурмовых групп, если планируется непосредственная атака;

- если квадрокоптер снабжён системой сбросов, то после обнаружения вашей позиции или техники, оператор будет сбрасывать гранаты, самодельные «бомбочки» из ВОГов или иные взрывные устройства, при этом они будут прилетать сверху, вертикально;

- если это дрон-камикадзе: FPV, либо «летающее крыло» (по типу «Ланцета»), то удар будет наноситься под некоторым углом, не вертикально, а даже ближе к горизонтальной траектории в конце.

Исходя из этих вариантов:

1. Нужно маскироваться, не давать оператору вражеского дрона обнаружить ваши позиции, и конкретно вас на них.

2. Если позиции очевидные (большой укрепрайон, линии траншей, при отсутствии прикрытия деревьями), то надо не давать противнику понимания, сколько народа обороняют, где именно находятся: люди, техника, огневые и наблюдательные точки, блиндажи, склады с боеприпасами.

3. На случай обнаружения иметь защиту, как от вертикальных сбросов, так и управляемых боеприпасов-камикадзе, подлетающих под углами.

4. По возможности располагать установками РЭБ для глушения сигналов беспилотников, а также противодронными ружьями.

Различные сетевые заграждения, в том числе маскировочные, действительно оказались эффективным средством защиты в зоне проведения спецоперации. В настоящее время известны различные конструкции защитных заграждений.

Создано и активно используется противогранатное и противопульное защитное устройство [1] содержащее отклоняющиеся элементы в виде металлических амортизирующих сеток, установленных перед защищаемым объектом, при этом металлические амортизирующие сетки, например панцирные или сетки-рабицы, каждая из которых выполнена с различной величиной ячеек, расположены с уменьшением величины ячеек по мере приближения сеток к защищаемому объекту и выполнены в виде штор, установленных в свободном ненапрянутом состоянии под углом друг к другу на расстоянии между ними более длины гранаты, а удаление их от стенки защищаемого объекта составляет 1-15 длин гранаты, причем наиболее удаленная от защищаемого объекта штора выполнена с величиной ячеек не более калибра гранаты, а ближайшая к защищаемому объекту штора – с величиной ячеек не более калибра пули.

Также известна слоистая гибкая броня [2], состоящая из последовательно расположенных слоев ткани на основе высокомодульного волокна, в которых толщина наружных слоев ткани и количество переплетений на единицу длины нитей основы и утка меньше, чем у нижележащих слоев, а все слои соединены прошивными нитями.

Разработано противогранатное заграждение [3], имеющее, по меньшей мере, один экран из металлической сетки с величиной ячеек 25×25 мм, при этом на сетку нанесено покрытие, обладающее гидрофобными свойствами. В качестве покрытия, обладающего гидрофобными свойствами, нанесен фторэпоксидный лак. Толщина покрытия составляет 2 – 15 мкм. Экран из сетки выполнен размером $2,5 \times 1,5$ м с возможностью крепления на стенках здания посредством крепежных модулей, обеспечивающих зазор между сеткой и зданием 1 м. Экран из сетки закреплен на металлическом каркасе.

Наиболее интересным является защитный маскировочный экран [4], состоящий из размещенного на трансформируемом сборно-разборном каркасе гибкого покрытия, имеющего слоистую конструкцию, верхний слой которой свободно, без закрепления, уложенный на нижний слой, изготов-

лен из маскировочного материала, а нижний – из скрепленных между собой посредством гибких петель полос проволочной плетеной металлической сетки, окантованных по всему периметру гибким и прочным материалом, при этом металлическая сетка выполнена с размером ячейки в свету не более 30 мм из проволоки толщиной не менее 2,5 мм при массе не менее 0,0030 кг·с²/м².

К известным ранее решениям добавляются новые направленные на решение задачи создания такого противогранатного защитного устройства [5], которое бы обеспечивало нейтрализацию или минимизацию угрозы поражения личного состава от осколочного действия гранат или других средств поражения.

Создаваемое противогранатное защитное устройство избавляется от недостатков присущих существующим устройствам, в частности, повышается мобильность устройства за счет использования сборно-разборного каркаса и использования легких и не менее надежных синтетических материалов. Оно состоит из размещенного на трансформируемом сборно-разборном каркасе гибкого покрытия, имеющего структуру плетеной сетки с ячейкой, препятствующей проникновению различных видов гранат как ручных, так выстреливаемых из различных гранатометов, элементы каркаса и соединительные элементы выполнены из высокопрочных углепластиковых трубок, вставляемых через петли по краям плетеной сетки из арамидного материала, что создает упругое полотно перемещением и закреплением соединительных элементов на вертикальных элементах каркаса, каркасы соединяются между собой в верхней части под острыми углами, способствующими скатыванию или откидыванию боеприпаса с сетки, в нижней части каркас крепится в грунте, полотно сетки раскрашивается актуальным камуфляжным рисунком. Конструкция такого устройства представлена на рис. 1.

Противогранатное защитное устройство приводится в рабочее состояние в короткий промежуток времени, для чего элементы устройства извлекаются из системы хранения и транспортировки. Верхние горизонтальные элементы каркаса продеваются через петли плетеной сетки, вставляются и жестко фиксируются в верхних соединительных элементах. Продетые через петли боковых плоскостей плетеной сетки вертикальные элементы каркаса также вставляются и жестко крепятся в верхних соединительных элементах. В нижней части на них одеваются нижние регулируемые соединительные элементы, в которые, продев через петли плетеной сетки вставляются и жестко фиксируются нижние горизонтальные элементы каркаса.

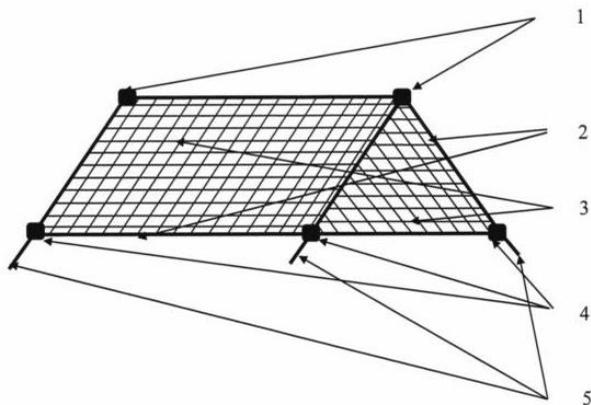


Рис. 1. Противогранатное защитное устройство

На рисунке представлены следующие обозначения: 1 – верхние соединительные элементы; 2 – элементы каркаса; 3 – плетеная сетка; 4 – нижние регулируемые соединительные элементы; 5 – крепления в грунт.

С помощью регулируемых соединительных элементов производится натяжение плетеной сетки. Аналогичным образом собираются и торцевые поверхности. После этого конструкция размещается над укрытием, например окопом и закрепляется в грунте с помощью крепления в грунт. Необходимо адаптировать полотно плетеной сетки к условиям местности, дополнительно раскрасив его актуальным камуфляжным рисунком. Противогранатное защитное устройство готово к работе.

При обнаружении укрытых противогранатными защитными устройствами, и атаке занимаемых позиций ручными гранатами, гранатами ВОГ, а также гранатами, сбрасываемыми с БПЛА, при попадании на полотно плетеной сетки происходит откидывание боеприпаса в сторону за счет собственной упругости. Плетеная сетка с ячейкой меньше размера используемых гранат препятствует попаданию гранат в укрытие и после разрыва корпуса гранаты предотвращает поражение личного состава в укрытии осколками. Это достигается за счет использования параарамидных волокон, из которых изготавливается шнур плетеной сетки, образующей сверхпрочный материал в пять раз превышающий прочность стали.

Использование данного противогранатного защитного устройства, прежде всего, оказывает психологическое воздействие на противника при принятии решения на применение устройств поражения. Обнаружив использование личным составом противогранатного защитного устройства

для защиты от поражающего действия гранат, противник понимает, что не может гарантировать эффективного поражения. Это вынуждает его применять какие-либо другие более мощные средства поражения, при наличии, или проверять эффективность работы устройства с непредсказуемыми последствиями для себя.

Противогранатные защитные устройства можно объединять между собой защищая протяженные объекты и использовать в качестве средств маскировки за счет применения актуального камуфляжного рисунка и отсутствия металлических элементов для обнаружения радиолокационными средствами противника. Сетчатая структура защитного полотна и возможность отсоединения торцевых элементов противогранатного защитного устройства позволяет применять стрелковое оружие, не покидая укрытие.

Список использованных источников

1. Патент РФ № 2122702 от 1998 года. Противогранатометное и противопульное защитное устройство / В. И. Блинов, В. И. Загарских, А. Ю. Корнеев, В. Г. Ларин.
2. Патент РФ № 0002864 от 1996 г., № 2776085 от 2022 года. Слоистая гибкая броня / С. Б. Сапожников, С. А. Сахаров, С. А. Иложев.
3. Патент РФ № 123132 от 1912 года. Противогранатное ограждение / И. А. Кожевников, Г. С. Квятковский, В. А. Полянский.
4. Патент РФ № 2476810 от 2013 года. Защитный маскировочный экран / В. Н. Заговеньев, В. И. Алтунин, А. В. Диденко.
5. Патент РФ № 219292 от 2023 г. Противогранатное защитное устройство / А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков.

References

1. Patent of the Russian Federation No. 2122702 dated 1998. Anti-grenade and bulletproof protective device / Blinov V.I., Zagarskikh V.I., Korneev A.Yu., Larin V.G.
2. Patent of the Russian Federation No. 0002864 dated 1996, No. 2776085 dated 2022. Layered flexible armor./ Sapozhnikov S.B., Sakharov S.A., Ilozhev S.A.
3. RF Patent No. 123132 dated 1912. Anti-border fence / Kozhevnikov I. A., Kvyatkovsky G. S., Polyansky V.A.
4. Patent of the Russian Federation No. 2476810 dated 2013. Protective masking screen / Zagovenyev V. N., Altunin V. I., Didenko A.V.
5. Patent of the Russian Federation No. 219292 dated 2023. Anti-border protection device / Berdnikov A.Yu., Kukankov S.N.

Ю. Ю. Громов, А. С. Мартынов, А. С. Шабардин
(Межвидовой центр подготовки и боевого применения
войск радиоэлектронной борьбы (учебный и испытательный),
г. Тамбов, Россия)

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА
ПОСТАНОВКИ ПОМЕХ НА ОСНОВЕ ПРОГРАММИРУЕМОЙ
ЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕГРАЛЬНОЙ СХЕМЫ
И МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ**

Аннотация. В данной статье рассматривается построение генератора шума на основе динамического хаоса на основе программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС).

Ключевые слова: динамический хаос, шум, генераторы хаотических колебаний, системы связи.

A. S. Martynov, A. S. Shabardin
(Specific Training and Combat Use Center
Electronic Warfare Troops (training and testing),
Tambov, Russia)

**DEVELOPMENT OF A SOFTWARE AND HARDWARE
INTERFERENCE SYSTEM BASED
ON A PROGRAMMABLE LOGIC INTEGRATED
CIRCUIT AND MICROPROCESSOR DEVICES**

Abstract. This article discusses the construction of a noise generator based on dynamic chaos based on a programmable logic integrated circuit (FPGA).

Keywords: dynamic chaos, noise, generators of chaotic oscillations, communication systems.

Введение. Программируемые устройства представляют собой класс микросхем общего назначения, которые могут быть сконфигурованы для самых разнообразных применений. Встает естественный вопрос об отличии и преимущества использования ПЛИС относительно аналоговой схемотехники. В случае аналоговых хаотических генераторов есть проблема синхронизации приемника с передатчиком. Это требует согласования параметров как приемника, так и передатчика с высокой степенью точности. Данное

требование трудно достичь в аналоговых системах, так как компоненты аналогового контура являются функциями времени и температуры. Поэтому очевидной возможностью является использование цифровых приборов с целью поиска методов моделирования сложных динамических систем, описываемых, например, дробными показателями степени.

Поэтому на базе Межвидового центра подготовки и боевого применения войск РЭБ (учебного и испытательного) ведутся разработки средств радиоподавления, таких как программно-аппаратный комплекс постановки помех «Айсберг 2.0». Отличительной особенностью комплекса является излучаемая им помеха, состоящая из значений множества колебаний, генерируемых нелинейными системами теории динамического хаоса.

История использования генератора хаоса в технологиях радиоэлектронной борьбы. Впервые радиоэлектронная борьба была применена силами ВМФ России в ходе Русско-японской войны. 2(15) апреля 1904 года во время артиллерийского обстрела, который японская эскадра вела по внутреннему рейду Порт-Артура, радиостанции российского броненосца «Победа» и берегового поста «Золотая гора» путём создания преднамеренных помех серьёзно затруднили передачу телеграмм вражеских кораблей-корректировщиков (считается очевидно первым в мире случаем).

Радиоэлектронная борьба (РЭБ), зародившись в XX веке, быстро превратилась в одну из ключевых областей военно-технического прогресса, постоянно совершенствовались, играя важную роль во многих военных конфликтах и мирное время.

В то время предпочтение отдавалось перехвату радиопередач, а не их подавлению. Однако в годы Первой мировой войны радиопомехи стали эпизодически применяться для нарушения радиосвязи между штабами армий, корпусов и дивизий и между военными кораблями. Вместе с тем в германской армии уже тогда появились специальные станции радиопомех.

Первым активным средством радиоэлектронной борьбы стал метод постановки шумовых помех, который появился вскоре после введения регулярных радиовещательных передач. Этот способ подразумевал подачу специальных сигналов-помех, перекрывавших частотный диапазон вражеского вещания и препятствующих нормальному приёму радиосигнала. Ранние станции радиоэлектронной борьбы строились на простейших ламповых схемах и представляли собой массивные конструкции с ограниченной функциональностью.

Во время Второй мировой войны страны-участники активно использовали средства радиоэлектронного и гидроакустического подавления. Были сформированы и широко применялись для обеспечения боевых действий специальные части и подразделения радиопомех. Был накоплен большой опыт ведения разведки и создания радиопомех, а также радиоэлектронной защиты.

К концу XX века методы радиоэлектронной борьбы достигли высокого уровня эффективности благодаря развитию цифровой техники и компьютеризации управления оружием.

По мере роста сложности радиотехнических систем и увеличения диапазона используемых частот возникла необходимость в разработке специализированных приборов и программного обеспечения, позволяющих автоматически выбирать оптимальные частоты для постановки помех. В дальнейшем появилось понятие автоматизированных систем радиоэлектронной борьбы, управляемых компьютерами и обладающими высокой точностью подавления нужных частот.

Сегодня РЭБ охватывает широкий спектр мероприятий, направленных на нарушение связи, навигации и передачи данных противника посредством радиочастотных воздействий. Одним из наиболее перспективных направлений стала разработка систем, использующих генераторы хаотических сигналов для эффективного подавления и маскировки целей.

Таким образом, история радиоэлектронной борьбы в XX веке демонстрирует непрерывный прогресс от простых пассивных методов до сложных интегрированных цифровых систем, обеспечивающих защиту собственных коммуникаций и эффективное воздействие на противника.

Совершенствование хаотических технологий в XXI веке. Современный уровень технологического развития позволил существенно расширить возможности применения хаотических колебательных систем. Распространённые ныне модели генераторных устройств отличаются компактностью, надёжностью и возможностью интеграции в бортовое оборудование самолётов, кораблей и наземных транспортных средств.

Сегодня современные генераторы хаотических колебаний представляют собой важный элемент арсенала электронной борьбы, способствующий повышению защищённости собственных войск и снижению эффективности атак противника. Их дальнейшее совершенствование обещает привести к новым прорывам в области защиты национальных интересов государств в условиях нарастающей напряжённости международной обстановки.

Создание программно-аппаратного комплекса постановки помех на основе динамического хаоса. В качестве объектов исследований мы выбрали известные динамические системы, описываемые нелинейными дифференциальными уравнениями, или отображениями. Для получения численных и графических данных использовался программный пакет MATLAB Simulink.

Наиболее известной и исследованной нелинейной системой дифференциальных уравнений с хаотическими колебаниями является система Лоренца (Лоренц-84) [2] (1).

$$\begin{cases} \dot{x} = a(y - x) \\ \dot{y} = x(b - z) - y, \\ \dot{z} = xy - cz \end{cases}, \quad \begin{cases} \dot{x} = x(1 - a) - y^2 - z^2 - ac \\ \dot{y} = xy - bxz + d \\ \dot{z} = bxy + xz \end{cases}, \quad (1)$$

где a, b, c – задают вид движения точки в фазовом пространстве. При значениях параметров $a = 10, b > 1$ и $c = 8/3$ возникают хаотические колебания. Далее в работе значение параметра $b = 28$.

На рисунке 1 изображена фазовая траектория модели при заданных параметрах. По рисунку видно, что имеется два состояния равновесия, так называемый «странные аттракторы Лоренца». У данной траектории имеется несколько особенностей.

На рисунках 2, 3 представлены схема и сигнал с генератора Лоренца-84, построенная в Simulink.

Следующий генератор хаотических колебаний, использующиеся в программно-аппаратном комплексе, является Рикитаке (2). Динамо Рикитаке – одна из известных динамических систем третьего порядка с хаотическим поведением. На рисунках 4 и 5 представлены схема и сигнал с генератора Рикитаке.

$$\begin{cases} \dot{x} = ay - x \\ \dot{y} = xz - bx - y, \\ \dot{z} = c - xy \end{cases} \quad (2)$$

Для аттрактора Рёслера (4) характерно наличие граничной точки проявления хаотических или периодических свойств. При определенных параметрах динамической системы колебания перестают быть периодическими, и возникают хаотические колебания. Одно из примечательных свойств аттрактора Рёслера – фрактальная структура в фазовой плоскости, то есть явление самоподобия [5].

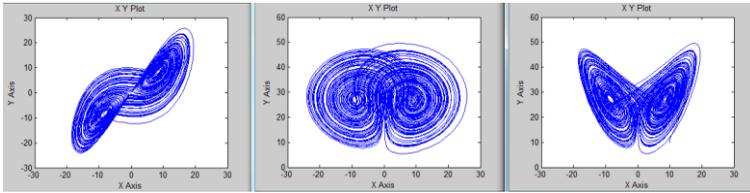


Рис. 1. Движение системы в фазовом пространстве

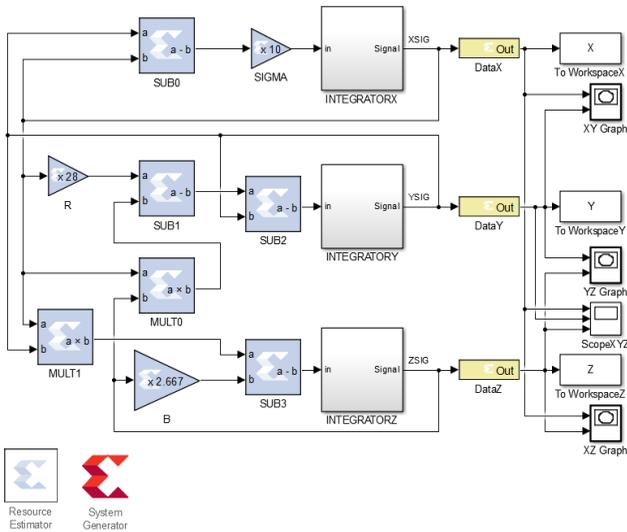


Рис. 2. Схема генератора Лоренца 84

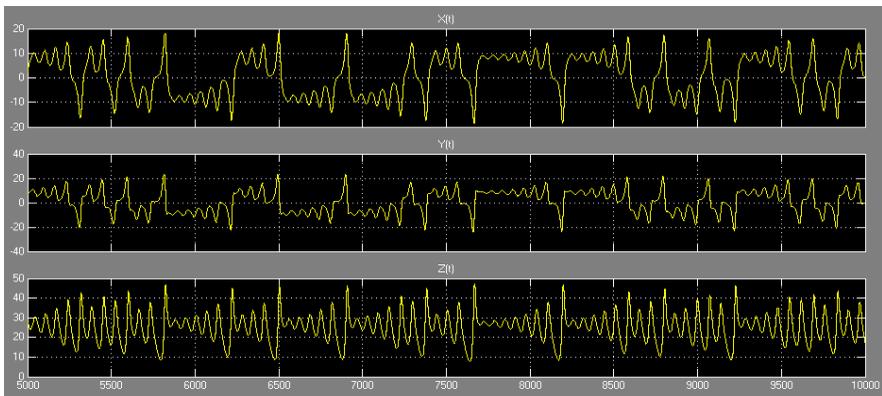


Рис. 3. Сигнал с генератора Лоренца 84

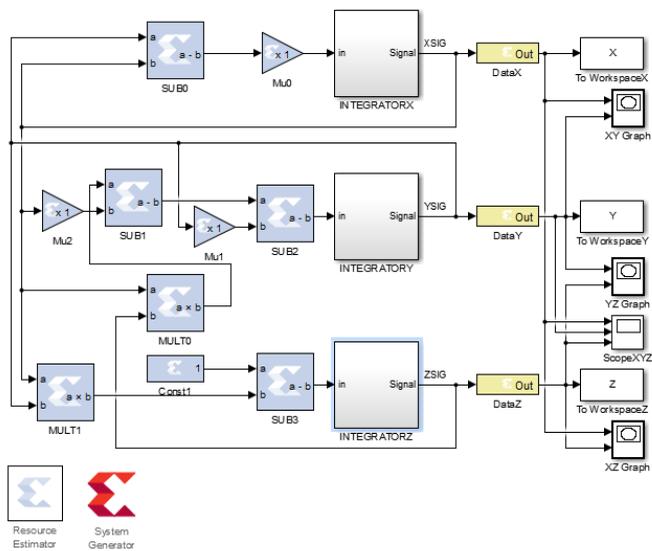


Рис. 4. Схема генератора Рикитакэ

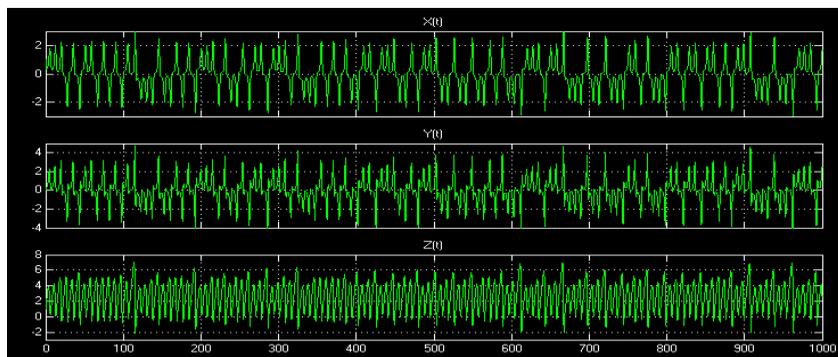


Рис. 5. Сигнал с генератора Рикитакэ

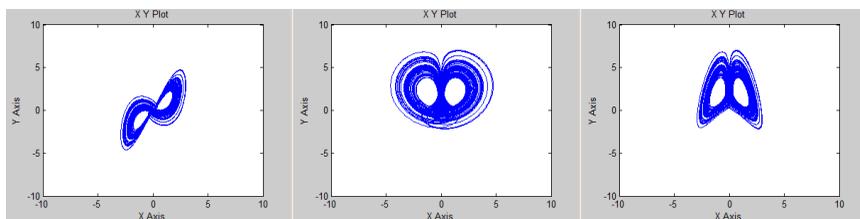


Рис. 6. Движение системы в фазовом пространстве

На рисунке 6 и 7 представлены схема и сигнал с генератора Рёсслера.

$$\begin{cases} \dot{x} = -y - z \\ \dot{y} = dx - ay \\ \dot{z} = b + z(x - c) \end{cases} . \quad (4)$$

Трехмерная динамическая система – Нозе-Гувера (5). Используется в молекулярной теории как обратимая во времени термостатическая система. На рисунке 8 и 9 представлены схема и сигнал с генератора Нозе-Гувера.

$$\begin{cases} \dot{x} = ay \\ \dot{y} = byz - cx \\ \dot{z} = d - ey^2 \end{cases} . \quad (5)$$

В пример на рисунке 13 представлены сигналы генераторов хаотических колебаний Рикитаке, Лоренца, Рёсслера, Нозе-Гувера, их сложение и произведение, получаемые на выходе модели.

Для реализации генератора выбрана ПЛИС Spartan-6 TQG114 компании Xilinx. Она имеет 9152 логических элемента (сумматоров, умножителей и т.д.), более 11000 триггеров, 16 специальных модулей DSP48A1. Так же имеется 102 порта ввода/вывода, которые позволяют выводить или считывать цифровой сигнал. Тактовая частота равна 50 МГц за счет имеющегося на плате с ПЛИС кварца данной частоты. Так же на плате имеется модуль flash-памяти на 16 МБ, для хранения прошивки. При отключении питания ПЛИС ее конфигурация сбрасывается. При включении питания из flash-памяти считывается файл прошивки, и устройство начинает работать по заданной программе.

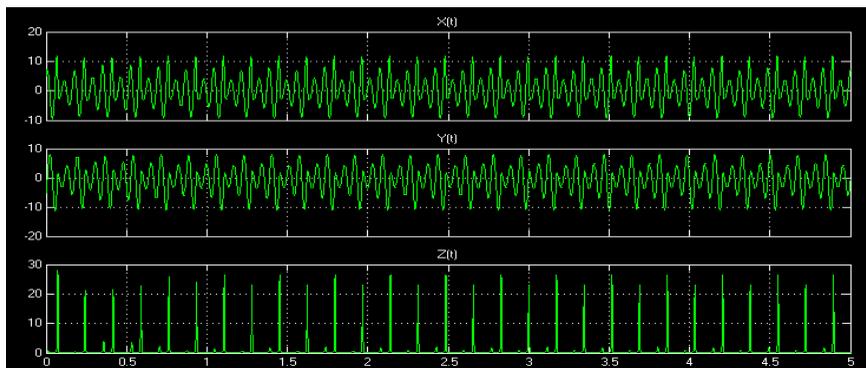


Рис. 7. Сигнал с генератора Рёсслера

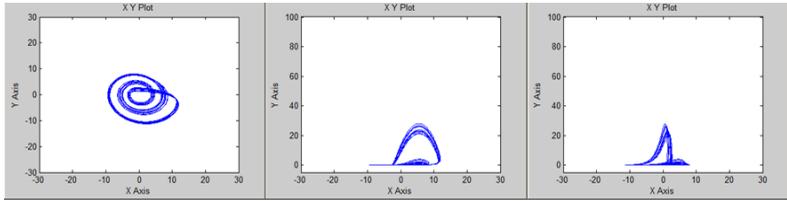


Рис. 8. Движение системы в фазовом пространстве

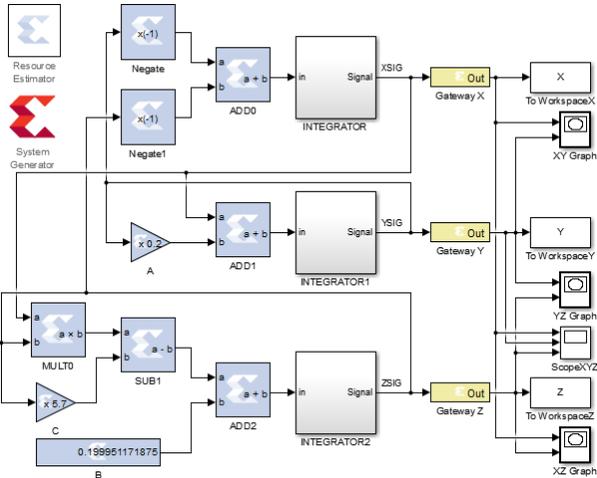


Рис. 9. Схема генератора Рёсслера

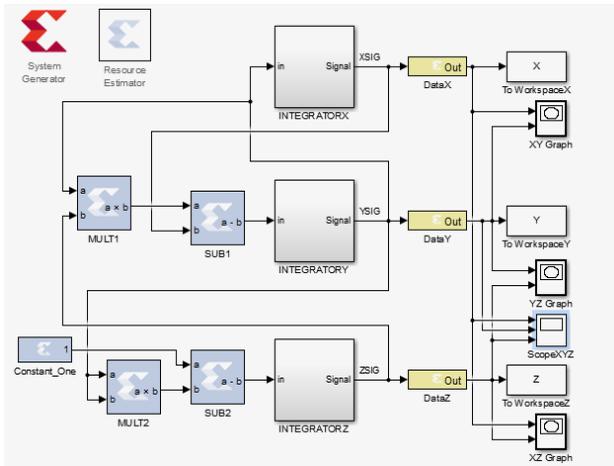


Рис. 10. Схема генератора Нозе-Гувера

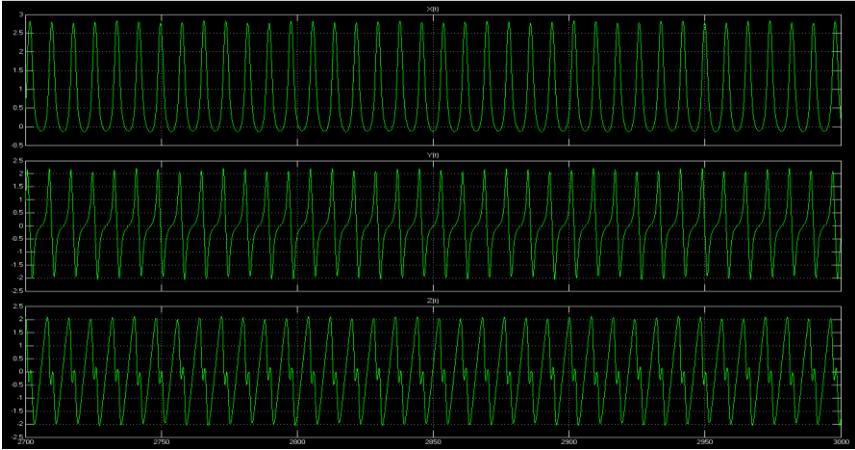


Рис. 11. Сигнал с генератора Нозе-Гувера

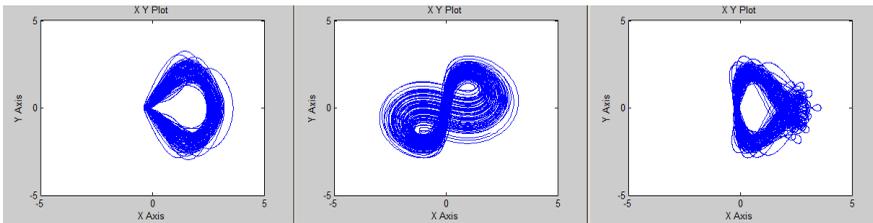


Рис. 12. Движение системы в фазовом пространстве

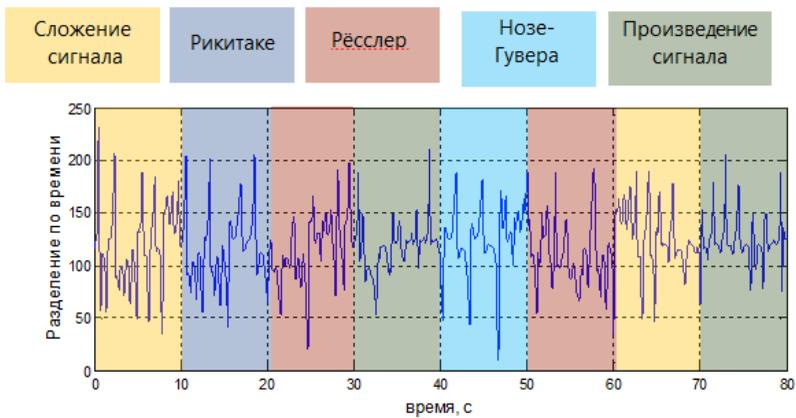


Рис. 13. Пример итогового сигнала

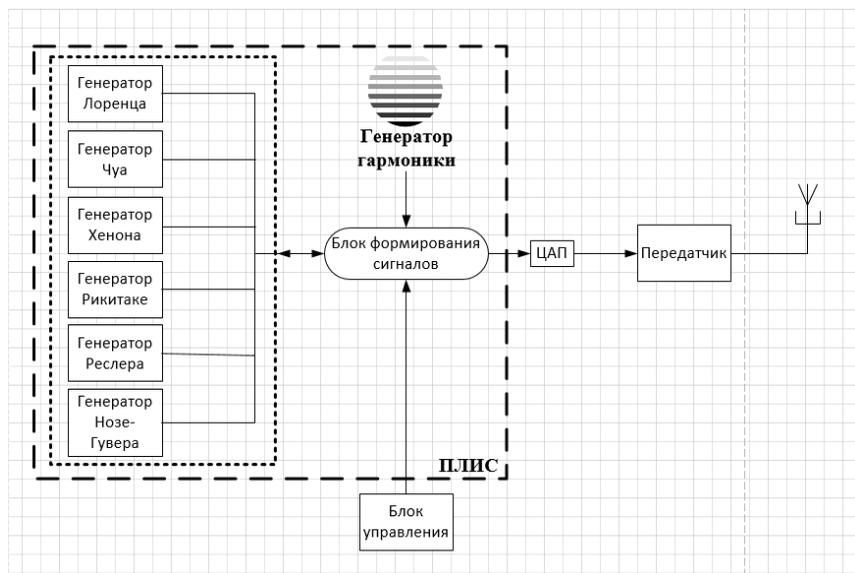


Рис. 14. Структурная схема устройства генератора

Блок формирования служит для задания различных конфигураций выходного сигнала. Есть возможность выдавать либо каждый из сигналов от генераторов по отдельности, суммы сигналов, либо задавать выходной сигнал как комбинация сигналов от генераторов разделенная по времени.

Заключение. Генерируемая таким образом помеха используется для подавления сигналов в каналах управления робототехническими комплексами в заданном диапазоне частот. Её сложная структура затрудняет процесс фильтрации сигнала, позволяя гарантированно нарушить работу целевого устройства, тем самым предотвращая возможность применения малогабаритных робототехнических комплексов летательного и наземного типов для совершения терактов, провокаций и других противоправных действий.

Список использованных источников

1. Бендат, Д. Измерение и анализ случайных процессов / Д. Бендат, Ф. Пирсол. – М. : "МИР", 1974.
2. Шахтарин, Б. И. Генераторы хаотических колебаний : учебное пособие / Б. И. Шахтарин, Ю. А. Сидоркина, А. В. Кондратьев, С. В. Митин. – М. : Гелиос АРВ, 2007. – 248 с.
3. Кармалина, В. А. Цифровая обработка случайных колебаний / В. А. Кармалина. – М. : Машиностроение, 1986. – 80 с.

4. Овсянников, А. В. Формирование случайных процессов с заданными вероятностными характеристиками / А. В. Овсянников. – Труды БГТУ, 2002 – 136 с.
5. Источники хаотических колебаний с дискретным временем / П. И. Кобылкина, Ю. А. Сидоркина., В. Д. Морозова. // Научный вестник МГТУ ГА. Сер. Радиофизика и радиотехника. – 2003. – № 62. – С. 140 – 147.
6. Дмитриев, А. С. Динамический хаос: Новые носители информации для систем связи. / А. С. Дмитриев, А. И. Панас. – М. : Физматлит, 2002. – 252 с.
7. Колмогоров, А. Н. Введение в теорию вероятностей. / А. Н. Колмогоров, И. Г. Журбенко, А. В. Прохоров. – М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982. – 160 с.
8. Лайонс, Р. Цифровая обработка сигналов: Второе издание. Пер. с англ. / Р. Лайонс. – М. : ООО «Бином-Пресс», 2006. – 656 с.

References

1. Bendat, D. Measurement and analysis of random processes. / D. Bendat, F. Pearsol. – М. : MIR, 1974.
2. Shakhtarin, B. I. Generators of chaotic oscillations: A textbook / B. I. Shakhtarin, Yu. A. Sidorkina, A.V. Kondratiev, S. V. Mitin. – М. : Helios ARV, 2007. – 248 p.
3. Karmalina, V. A. Digital processing of random oscillations. / V. A. Karmalina. – М. : Mashinostroenie, 1986. – 80 p.
4. Ovsyannikov, A.V. Formation of random processes with given probabilistic characteristics / A.V. Ovsyannikov. – Proceedings of BSTU, 2002 – 136 p.
5. Sources of chaotic oscillations with discrete time / P. I. Kobyalkina, Yu. A. Sidorkina, V. D. Morozova. // Scientific Bulletin of MSTU GA. Ser. Radiophysics and radio engineering. 2003. No. 62. pp. 140-147.
6. Dmitriev, A. S. Dynamic chaos: New media for communication systems. / A. S. Dmitriev, A. I. Panas. – М. : Fizmatlit, 2002. – 252 p.
7. Kolmogorov, A. N. Introduction to probability theory. / A. N. Kolmogorov, I. G. Zhurbenko, A.V. Prokhorov. – М. : Nauka. The main editorial office of the physico-mathematical literature, 1982. 160 p.
8. Lyons, R. Digital signal Processing: Second Edition. Translated from English / R. Lyons, Moscow : Binom-Press LLC, 2006– 656 p.

А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков
(Войсковая часть 2462,
г. Москва, Россия)

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ ПРИ АКТИВНОМ ПРИМЕНЕНИИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Аннотация. В статье рассмотрен подход к противодействию беспилотным летательным аппаратам, виды обнаружения, маскировки и противодействия, рассмотрен опыт создания и применения средств и способов подавления и поражения.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, средства обнаружения, средства противодействия, средства подавления, средства поражения.

A. Y. Berdnikov, S. N. Kukankov
(Military unit 2462,
Moscow, Russia)

ENSURING COMBAT OPERATIONS WITH THE ACTIVE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

Abstract. The article considers the approach to countering unmanned aerial vehicles, types of detection, camouflage and counteraction, and examines the experience of creating and using means and methods of suppression and destruction.

Keywords: unmanned aerial vehicle, means of detection, means of counteraction, means of suppression, means of destruction.

Одной из серьезных проблем, с которой столкнулись подразделения российской армии в ходе специальной военной операции, стало массовое использование противником беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Борьба с ними предусматривает комплексный подход по защите в виде активных и пассивных мероприятий, которые должны быть реализованы как в подразделении, так и в виде отдельных элементов каждым военно-служащим.

К активным мероприятиям относятся:

– выявление и уничтожение расчетов операторов дронов-«камикадзе» (вероятные места запуска, наличие антенн, специальной подготовленной площадки для запуска FPV, следы разбора боеприпасов, упаковка и ящики,

неприметные легковые автомобили, ретрансляторы на высотных зданиях и элементах инфраструктуры);

- раннее обнаружение БПЛА (визуально, на слух, сигнал детектора или анализатора, с помощью приемника видеосигнала) и оповещение (получение команды или сообщения от старшего, поста наблюдения, соседей о нахождении дрона в районе ваших действий);

- обнаружение канала передачи видеоизображения, подлетающего FPV-дрона противника. Для его обнаружения можно использовать FPV-монитор или очки, с помощью которых ведется поиск канала передачи (как правило 5,8 ГГц). На видеопередатчике своего дрона выставляется такой же канал и максимальная мощность. После обнаружения создаются помехи управлению каналу передачи видеоизображения (дроны «работают» на одной частоте);

- радиоэлектронное подавление средствами РЭБ радиочастот каналов управления, передачи видеосигнала и спутниковой навигации;

- уменьшение времени пребывания в вероятной зоне поражения за счет скорости транспортного средства (мотоцикл при скорости около 80 км/ч преодолевает 5 км за 4 мин.);

- огневое воздействие – уничтожение дронов огнем стрелкового оружия, в первую очередь из гладкоствольных ружей (до 50 м);

- механическое воздействие – захват дронов за счет применения на ближних дистанциях (20-30 м) специальных устройств – «сеткометов»;

- маневр – действия личного состава по уклонению от поражения дроном (рассредоточение, занятие укрытий, активное перемещение на открытой местности при угрозе поражения);

- обеспечение логистики боеприпасов, воды, продуктов питания подразделениям на ЛБС за счет использования «тяжелых коптеров» и наземных роботизированных систем доставки грузов и эвакуации раненых.

В качестве перспективного метода противодействия БПЛА ведутся разработки по оптическому воздействию на камеру дрона за счет использования лазерного прибора с широким световым пучком.

Пассивные мероприятия:

- дополнительное фортификационное оборудование позиций (подготовка антидроновых ниш и «нор», изгибов при входе в блиндажи и укрытия, установка навесных защитных сеток и заграждений);

- маскировка позиций и техники (установка маскировочных сетей с неправильной геометрической формой с расстоянием до техники

- 0,3 – 0,5 м в тени деревьев и кустов, внутри разрушенных зданий, применение теплозащитных накидок, контроль демаскирующих признаков с дрона);
- создание ложных позиций (оборудованных источниками тепла и света) с установкой макетов военной техники и транспорта (в том числе, непригодных к эксплуатации) и имитацией их деятельности;
 - оборудование защитных сеток (экранов) из рыболовных сетей на маршрутах ротации, эвакуации личного состава, доставки боеприпасов, воды и продовольствия;
 - установка навесных элементов защиты (козырьки, навесы) и «купольных» систем РЭБ на технику;
 - учет погодных условий, особенностей местности и времени суток при планировании активных действий и перемещений;
 - постановка аэрозольных завес, создание очагов задымления позиций (объектов) и маршрутов движения (в том числе ложных).
 - при оборудовании позиций применять противотепловизионные материалы, маскирующие тепловой след технических средств, агрегатов питания, техники и личного состава.

Количество БПЛА на фронте растет в геометрической прогрессии. Дежурство дронов в воздухе привело к децентрализации и сокращению войск на передовой. Там, где раньше находился взвод, теперь обходятся отделением. Там, где раньше был «опорник», теперь три «норы» по 2 человека. Обе стороны стремятся минимизировать передвижения на ЛБС. Одна «броня» может привлечь до десятка «птичек», а в гонках за солдатом участвовать 2-3 дрона. В районе ЛБС посменно в своих секторах ведут наблюдение дроны-разведчики, «бомберы» и расчеты FPV в готовности к работе. Одни ищут, вторые поражают.

Бурное развитие средств разведки и разведывательно-ударных систем особенно остро стоит вопрос обеспечения живучести, одним из важных способов обеспечения живучести является применение средств маскировки.

Маскировка, является одним из видов боевого обеспечения и представляет собой комплекс мероприятий, направленных на скрытие от противника и введение его в заблуждение относительно построения пограничной деятельности (боевого порядка), истинного состава, расположения, состояния, возможностей, намерений и характера действий сил и средств подразделений пограничного органа, их боевой готовности и боеспособности, обеспечения внезапности их действий [1].

Основными направлениями маскировки объектов являются:

- маскировка от наблюдения с воздуха, используются навесы, тканевые сетки, ветки, трава, листва. Демаскирующими являются: полиэтиленовая пленка, белые мешки, бытовой мусор, свежая земля, перемещения бойцов;

- с воздуха сложнее обнаружить, если ты: не двигаешься; находишься в тени строений (предметов); сидишь, а не лежишь (уменьшаешь свои габариты); сочетаешься по цвету обмундирования с местностью;

- двигаться и прятаться лучше в тени деревьев, склонов. Не делай резких движений и не бегай – заметно. Относительно безопасное время и погода – сумерки, ночь, туман, дождь. Защитные накидки от «тепляков» – в тему.

- размещайте и маскируйте технику в лесополосах, вдоль (внутри) зданий и ангаров, меняйте ее местоположение, оборудуйте простейшие замаскированные навесы. Особое внимание на прикрытие стекол автомобилей – бликуют. Если противник на севере, технику ставьте за здание с южной стороны.

- транспорт рядом с позициями не располагать, ставим его в скрытое место на быстрый «ход». Собирайте весь мусор в пакеты и отдельную яму. Разбросанные упаковки от пайков, банки, пластиковые бутылки, полиэтилен прекрасно демаскируют позицию. Для контроля маскировки «по-тихому» запустите свой дрон и осмотрите местность для выявления демаскирующих признаков.

- маскировочные сети всегда необходимы в большом количестве. При установке изменяйте их конфигурацию, чем непонятнее и размытее силуэт, тем труднее обнаружить объект. Спутниковые тарелки нагреваются, их прятать в яму и маскировать как от дневных камер, так и от тепловизионных.

- создавайте ложные позиции с демаскирующими признаками. Устанавливайте макеты военной техники или выведенный из строя транспорт. Имитируйте их активность. Разводите ночью в пустующих укрытиях огонь, размещайте «окопные» свечи.

- в ночное время соблюдай светомаскировку. Огонь от сигареты, костра, свет фонарика, фар, экранов телефона – притягивает дроны как мотыльков на пламя.

- разговоры «за жизнь» только в укрытии. Не надо «кучковаться» с сигаретками, если стало скучно. По позициям без дела не шарахаться. Если вызвали по команде, предупреди другого бойца.

Главный критерий обнаружения тебя противником с воздуха – движение днем и тепловые блики ночью. Соблюдай тишину, старайся общаться шепотом и жестами, прислушивайся к звукам.

Применение фортификационных сооружений для противодействия БПЛА является основным способом защиты личного состава и техники и включает в себя следующие требования:

- при оборудовании окопа сделай боковую нишу внизу – защитит от осколков при обстрелах, ударов FPV и сбросах боеприпаса. Выходы из блиндажей – в форме буквы «Г». У входа в укрытие повесить защитное покрывало. Оборудуй второй вход в блиндаж (первый может быть завален в результате попадания).

- в качестве препятствий для FPV-дронов перед позициями подготавливайте и закрепляйте шнуровые антидроновые занавесы из веревок толщиной 4-5 мм: длина – 6 м, высота – до 4 м, интервал между свисающими веревками – 20 см.

- другой вариант защиты – устанавливайте экраны из дешевых рыболовных сетей (длина – до 80, высота – 4 м, стоимость до 1000 р.) – для оператора они незаметны, оборудуйте дополнительные навесы и козырьки. Нет смекалки – нет и укрытия!

- целесообразно на позиции (на расстоянии 20 – 30 м) заблаговременно подготовить и установить дымовые гранаты для их приведения в действие при угрозе ударов дронов-«камикадзе». У каждого – ручные дымовые гранаты мгновенного действия.

- наличие дополнительных элементов защиты на технике («козырьки», «мангалы», щитки, сетки, цепи, противоосколочная защита в виде кусков резины толщиной 1 см), повысит живучесть экипажа и пассажиров при атаке дронов.

- идеальный вариант технических средств РЭБ на позиции взвода: анализатор спектра и детектор БПЛА, устройство для перехвата видеозаписи с FPV-дронов, переносная широкополосная «купольная» система радиоэлектронного подавления, индивидуальные мобильные «подавители». На технике – возимый вариант «купольной системы».

Для эффективного обнаружения БПЛА противника необходимо выполнение ряда мероприятий:

- слушать звуки, наблюдать за небом. Первично обнаружение по звуку (ночью слышно лучше), затем визуально. Своевременно оповещай. Все БПЛА воспринимай как вражеские.

– научись по звуку отличать «Мэйвик» от FPV. Первый работает тише и ровнее, второй – пронзительнее и с резкими перепадами при ускорении.

– с целью повышения безопасности движение осуществлять (по времени и месту) на основе анализа активности дронов противника в конкретном районе боевых действий (про «серое» время – противник знает).

– стараться избегать открытой местности, двигаться вдоль посадок, в населенном пункте – от здания к зданию. Интервал в группе – минимум 5 м. Перемещаться желательно скрытно малыми группами до контрольной точки (укрытия).

– дрон-разведчик – предвестник FPV. Если ты в движении (в том числе на автомобиле) обнаружил БПЛА противника – не веди его к своим. Займи укрытие, жди, наблюдай и не вскрывай позиции своего подразделения. В посадке – прислонись к стволу дерева и не двигайся.

– всегда в ходе движения контроль «неба» по секторам. Держи дистанцию и подмечай ближайшие укрытия (разрушенные постройки, «норы», посадки, кусты и др.) для «рывка» при угрозе поражения дроном. Воронка от снаряда, как «безопасное место» – выступит в качестве могилы. Не собирайтесь «в кучу» в одном месте. Рассосредоточение, маневр и скорость;

– услышал FPV – срочно в укрытие. Если ты на «открытке» – совершай внезапные резкие движения. Уходи из сектора наблюдения оператора, падай в сторону при атаке. Шансов больше у мастеров «челночного» бега. Целесообразно потренироваться;

– если дрон в непосредственной близости (20 – 30 м) – не стоит пытаться «заморозить» в надежде, что он не заметит и пролетит мимо. Спасение – в реакции и движении;

– ведения огня из стрелкового оружия малоэффективно (малый размер цели, высокая скорость). Кроме того, при стрельбе ты статичен, что облегчает наведение дрона оператору. На ближней дистанции (до 50 м) существует шанс у стрелка (лучше двух) с охотничьими или помповыми ружьями. Для их подготовки необходимо тренироваться по «тарелочкам»;

– отмечены случаи игры оператора с «жертвой». Если ты резвый и умело уворачиваешься, прячешься за укрытиями (ствол дерева 40 см), а также способен атаковать дрон метанием подручных предметов – шансы на выживание возрастают;

– при движении на транспорте особое внимание контролю «неба» со стороны тыла и флангов (до 80% атак FPV-дронов – по задней и боковым частям автомобиля);

– на опасных участках передвигаться на максимально безопасной скорости. Не выбирать протяженные маршруты. При обнаружении дрона-«камикадзе» целесообразно съехать в сторону (желательно в лесопосадку, к строениям), остановиться и быстро рассредоточиться. Шансов уйти от FPV по трассе ничтожно мало;

– при остановках машины – все очень быстро покидают транспорт. Иначе приоритет цели возрастает. Время играет против вас;

– повышению выживаемости и обеспечению логистики грузов в районе ЛБС способствует наличие высокоскоростных мотоциклов типа, «багги», квадроциклов с подготовленными водителями. При этом электрические образцы обеспечивают бесшумность передвижения и более высокую чуткость водителей и пассажиров к раннему обнаружению дронов по звуку;

– при обнаружении FPV-дрона на грунте (особенно если он «попискивает» возле позиций) не надо к нему приближаться. Возможно «ловушка». Не подходить со стороны камеры (оператор ждет вашего появления в кадре), не трогать, обозначить вешкой, доложить командиру. Специалист разберется.

Таким образом, технический скачок в применении и адаптации FPV-дронов к современному театру военных действий привел к значительному расширению спектра выполняемых ими боевых задач.

Инновационное развитие данного вида вооружения, несомненно, повлечет поиск и внедрение новых технических решений и способов противодействия (радиоэлектронных, оптических, механических и др.), а также приведет к созданию отдельных структурных подразделений (расчетов), как по их применению, так и борьбе с ними. При этом, в ближайшей перспективе, отдельные элементы противодействия коснутся каждого военнослужащего боевых подразделений. Соревнование в категории противостояния «дрон – антидрон» находятся в самом начале пути.

Список использованных источников

1. Королёв, А. Ю. Маскировка вооружения, техники и объектов. / А. Ю. Королёв, А. А. Королёва, А. Д. Яковлев. – Санкт-Петербург. – 2015. – 155с.

References

1. Korolev A.Yu., Koroleva A.A., Yakovlev A.D. Disguising weapons, equipment and objects. Saint Petersburg. 2015. 155s.

И. А. Костяев, М. А. Устинов

(Межвидовой центр подготовки и боевого применения
войск радиоэлектронной борьбы (учебный и испытательный),
г. Тамбов, Россия)

**АКТУАЛЬНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ИММЕРСИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ОПЕРАТОРОВ
ВОЙСК РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ. В.И.Т.О.К. –
ЭВОЛЮЦИЯ ОБУЧЕНИЯ В ОБЛАСТИ РЭБ**

Аннотация. Рассматриваются современные методы и формы обучения в области радиоэлектронной борьбы (РЭБ). Представлен виртуальный интеллектуальный тренажерно-обучающий комплекс (В.И.Т.О.К.). Описаны ключевые компоненты В.И.Т.О.К., его функциональные возможности и преимущества. В заключении подчеркивается перспектива использования иммерсивных технологий в подготовке операторов РЭБ.

Ключевые слова: обучение операторов РЭБ, учебно-тренировочные средства обучения, иммерсивные технологии, виртуальная реальность, инновационные методы обучения, эффективность обучения.

I. A. Kostyaev, M. A. Ustinov

(Specific Training and Combat Use Center
Electronic Warfare Troops (training and testing),
Tambov, Russia))

**RELEVANCE AND PROSPECTS OF USE
IMMERSIVE TECHNOLOGIES FOR TRAINING OPERATORS
OF ELECTRONIC WARFARE TROOPS. V.I.T.O.K. – THE EVOLUTION
OF TRAINING IN THE FIELD OF ELECTRONIC WARFARE**

Abstract. Modern methods and forms of training in the field of electronic warfare (EW) are considered. A virtual intelligent simulator and training complex (ROUND) is presented. The key components of the circuit, its functionality and advantages are described. In conclusion, the prospect of using intensive technologies in the training of electronic warfare operators is emphasized.

Keywords: training of electronic warfare operators, educational and training training tools, immersive technologies, virtual reality, innovative teaching methods, training effectiveness.

Современные методы обучения в области радиоэлектронной борьбы находятся на этапе активного развития, что связано с необходимостью повышения эффективности подготовки специалистов в условиях быстро меняющейся технологической среды. В последние годы наблюдается тенденция к использованию иммерсивных технологий, таких как виртуальная реальность, для создания более интерактивных и реалистичных учебных процессов [1].

Радиоэлектронная борьба как отдельная область военной техники начала развиваться во время Второй мировой войны, когда стало очевидно, что контроль над радиочастотами может оказать значительное влияние на исход военных действий [2]. С тех пор технологии РЭБ претерпели значительные изменения, начиная от простых систем подавления сигналов до сложных многофункциональных комплексов, способных выполнять широкий спектр задач, включая разведку, подавление и защиту.

С развитием компьютерных технологий и информационных систем, РЭБ приобрела новые возможности. Современные системы способны не только подавлять вражеские сигналы, но и анализировать радиообстановку, что требует от операторов глубоких знаний и навыков. Это, в свою очередь, ставит перед образовательными учреждениями задачу разработки эффективных методов обучения.

В условиях, когда традиционные методы обучения не всегда соответствуют требованиям современного мира, иммерсивные технологии становятся все более актуальными. Применение виртуальной реальности и других иммерсивных средств обучения позволяет создать более реалистичную и интерактивную учебную среду, что способствует лучшему усвоению материала и развитию практических навыков [3].

Текущие методы и формы обучения в учебных заведениях РЭБ в основном нацелены на ускорение процесса обучения через групповые занятия и использование автоматизированных обучающих систем (АОС). Однако, несмотря на высокую стоимость этих систем, они имеют ряд недостатков: сложность освоения, ограниченные возможности представления учебного материала и низкая достоверность имитации работы реальных станций [4]. Это приводит к тому, что операторы выходят с различными уровнями подготовки и профессиональными способностями. В ответ на эти вызовы в настоящее время разрабатывается виртуальный интеллектуальный тренажерно-обучающий комплекс (В.И.Т.О.К.), который призван устранить недостатки существующих автоматизированных обучающих систем и повысить качество подготовки операторов РЭБ. В.И.Т.О.К. предназначен для

автоматизированной подготовки операторов станций и комплексов РЭБ, экипажей и подразделений в едином виртуальном пространстве в режиме реального времени.

Комплекс включает в себя (рис. 1):

– Очки виртуальной реальности с аудиогарнитурой обеспечивают точную акустическую имитацию и возможность взаимодействия с членами экипажа в виртуальной среде.

– Тактильные перчатки развивают моторику и мышечную память, позволяя взаимодействовать с трехмерными объектами и ощущать их физические свойства (объем, текстуру, сопротивление).

– Платформа для перемещения на 360 градусов обеспечивает безопасность обучающегося и перемещение в виртуальном пространстве различными способами.

– Комплект датчиков позиционирует части тела в едином виртуальном пространстве.

– Высокопроизводительный ЭВМ для обработки потоков данных и взаимодействия членов экипажа.



Рис. 1. Состав УТС В.И.Т.О.К.

Технические возможности В.И.Т.О.К. позволяют проводить одновременную автоматизированную теоретическую и практическую подготовку до 64 человек в едином виртуальном пространстве. Обучение охватывает работу с антенно-фидерными системами, развертывание станций и ведение учебной боевой работы. Комплекс обладает высокой мобильностью и низкой себестоимостью, а также возможностью моделирования различных условий, что значительно увеличивает реалистичность обучения.

Автоматизированный интеллектуальный рабочий интерфейс (А.И.Р.И.) обеспечивает проведение как одиночной подготовки, так и в составе экипажа, что позволяет адаптировать обучение под различные сценарии; изучение и работу на станциях и комплексах, а также отдельно с такелажем, блоками и узлами, что обеспечивает глубокое понимание всех аспектов работы с оборудованием (рис. 2). Доступно обучение на всех существующих видах техники, имеющихся в базе В.И.Т.О.К., с возможностью добавления новых без изменения технических компонентов комплекса.

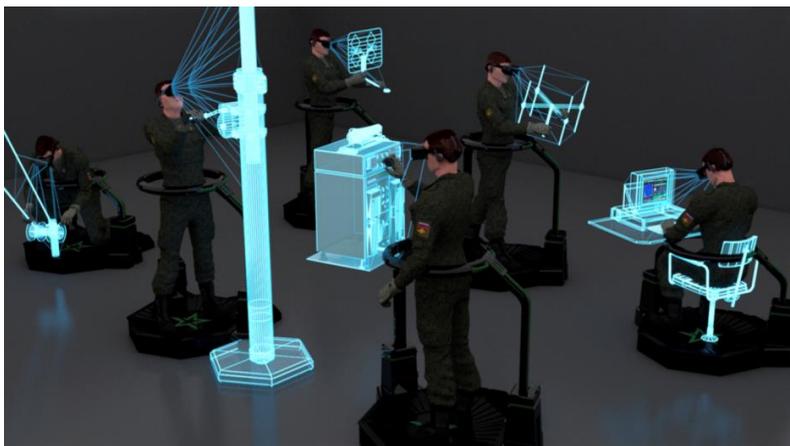


Рис. 2. Возможности А.И.Р.И. по подготовке операторов

Использование иммерсивных технологий в обучении операторов РЭБ имеет огромный потенциал. Они позволяют создать более глубокое погружение в учебный процесс, что способствует лучшему усвоению знаний и навыков [5].

Таким образом, иммерсивные технологии представляют собой перспективное направление в области подготовки операторов радиоэлектронной борьбы. В.И.Т.О.К. и подобные ему системы могут значительно повы-

сить качество обучения, обеспечивая более глубокое понимание и освоение сложных технических систем. В условиях современного мира, где технологии развиваются с невероятной скоростью, важно адаптировать образовательные процессы к новым вызовам и требованиям, что сделает подготовку специалистов более эффективной и соответствующей современным стандартам.

Список использованных источников

1. Иммерсивные технологии обучения: пространство возможностей / А. И. Азевич // Горизонты и риски развития образования в условиях системных изменений и цифровизации. – 2020. – С. 227 – 230.
2. К вопросу об истории развития и перспективах радиоэлектронной борьбы / М. Д. Любин // Военная мысль. – 2009. – №. 3. – С. 64 – 75.
3. Модель организации военно-профессиональной подготовки специалистов радиоэлектронной борьбы для выполнения задач дезорганизации систем управления робототехническими средствами иностранных армий / С. В. Голубев, В. К. Кирьянов, М. В. Жирнов // Военная мысль. – 2020. – №. 2. – С. 147 – 156.
4. Перспективы разработки автоматизированных обучающих систем / Д. Н. Кудинов // Современные проблемы науки и образования. – 2008. – № 6. – С. 46 – 50.
5. Особенности применения иммерсивных технологий виртуальной и дополненной реальности в высшем образовании / А. А. Паскова // Вестник Майкопского государственного технологического университета. – 2022. – Т. 14. – №. 3. – С. 83 – 92.

References

1. Immersive learning technologies: a space of possibilities / A. I. Azevich // Horizons and risks of education development in the context of systemic changes and digitalization. – 2020. – pp. 227-230.
2. On the question of the history of development and prospects of electronic warfare / M. D. Lyubin // Military thought. – 2009. – No. 3. – pp. 64-75.
3. Golubev S. V., Kiryanov V. K., Zhirnov M. V. A model for organizing military professional training of electronic warfare specialists to perform tasks of disorganizing control systems for robotic equipment of foreign armies // Military Thought. 2020. No. 2. pp. 147-156.
4. Prospects for the development of automated learning systems / D. N. Kudinov // Modern problems of science and education. – 2008. – No. 6. – pp. 46-50.
5. Features of the use of intensive virtual and augmented reality technologies in higher education / A. A. Paskova // Bulletin of the Maikop State Technological University. – 2022. – Vol. 14. – No. 3. – pp. 83-92.

А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков
(Войсковая часть 2462,
г. Москва, Россия)

МОБИЛЬНАЯ СИСТЕМА НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ВОЗДУШНОЙ, НАДВОДНОЙ И ПОДВОДНОЙ ОБСТАНОВКОЙ

Аннотация. В статье рассмотрен подход к использованию беспилотных морских судов для наблюдения за воздушной, надводной и подводной обстановкой, рассмотрен опыт создания и эксплуатации подобных средств, варианты их энергообеспечения и применения различных средств наблюдения.

Ключевые слова: катамаран, средства наблюдения, водометный двигатель, ветрогенератор.

A. Y. Berdnikov, S. N. Kukankov
(Military unit 2462,
Moscow, Russia)

MOBILE MONITORING SYSTEM FOR AERIAL, SURFACE AND UNDERWATER CONDITIONS

Abstract. The article considers an approach to the use of unmanned naval vessels for monitoring aerial, surface and underwater conditions, examines the experience of creating and operating such facilities, options for their energy supply and the use of various surveillance tools.

Keywords: catamaran, surveillance equipment, water jet engine, wind turbine.

Современный этап развития человечества характеризуется повышением интенсивности освоения Мирового океана, в том числе расширением научной и экономической деятельности по изучению и использованию его ресурсов.

Значение Мирового океана для Российской Федерации и других государств в долгосрочной перспективе будет неуклонно возрастать в связи с истощением природных ресурсов суши и обусловленной этим необходимостью восполнения ресурсной базы, обеспечивающей экономическое развитие государств, воздействием хозяйственной и иной деятельности человека на окружающую среду, таянием арктических льдов, миграцией населения и иными процессами.

Развитие морской деятельности и морского потенциала является одним из решающих условий устойчивого социально-экономического развития Российской Федерации в XXI веке. Направления такого развития определяются характером национальных интересов Российской Федерации в Мировом океане и необходимостью их гарантированного обеспечения и защиты.

Национальные интересы Российской Федерации как великой морской державы распространяются на весь Мировой океан и Каспийское море. Они формируются с учетом вызовов и угроз национальной безопасности Российской Федерации в Мировом океане, общепризнанных принципов и норм международного права, международных договоров Российской Федерации, а также с учетом суверенитета и национальных интересов других государств [1].

Морские границы России простираются на огромные расстояния, охватывая три океана: Северный Ледовитый, Тихий и Атлантический. Россия обладает значительной морской территорией, её экономическая зона распространяется на 200 морских миль, где страна имеет исключительные права на добычу ресурсов. Морские границы определяют международные связи и взаимодействие по безопасности. Границы в северных регионах, проходящие по Северному Ледовитому океану, играют важную роль в международных торговых маршрутах. Морская территория России также даёт ей преимущества в использовании морских ресурсов [2].

Подразделения береговой охраны России вынуждены действовать в совершенно разных климатических и географических условиях. Наблюдение необходимо осуществлять постоянно и в самых удаленных точках.

Контроль над обстановкой на море осуществляется с помощью стационарных пассивных гидроакустических комплексов, которые способны обнаруживать подводные и надводные объекты, вести гидроакустическое наблюдение за обнаруженными надводными и подводными объектами с определением курса, скорости и модели их поведения, автоматизированной классификацией объектов по их шумам.

Эффективными средствами наблюдения за воздушной, надводной обстановкой выступают радиолокационные станции (РЛС) способные обнаруживать объекты на больших расстояниях и в любую погоду.

Использованием только стационарных средств невозможно обеспечить охрану морской границы России, для эффективного контроля необходимо комплексное применение, как стационарных, так и средств корабельного состава, авиации, стационарных и подвижных постов наблюдения и раз-

личных других технических средств. Для обеспечения непрерывного контроля за воздушной и надводной обстановкой необходимо оснащение пограничных органов Федеральной службы безопасности современными средствами вооружения, военной и специальной техникой. В этой связи существует потребность активного использования беспилотных средств как воздушных, так и морских.

Развитие систем наблюдения ведется постоянно и появляются новые эффективные решения в области устройств наблюдения, предназначенных для непрерывного контроля за участками водной акватории, обнаружения подводных, надводных и воздушных целей, при решении задач охраны протяженных морских участков, способных автономно эксплуатироваться длительное время, за счет возможности пополнять электроэнергию в процессе эксплуатации.

Известна мобильная надводная роботизированная система для проведения операций по освещению обстановки и мониторингу состояния акватории, включающая безэкипажный катер, выполненный в виде жесткого корпуса с дизель-электрическим комплексом, опускаемым гидролокатором и системой автономного дистанционного управления и хранения информации. Безэкипажный катер снабжен гидролокатором кругового обзора, установленным на опускаемой штанге в прозрачном для гидроакустических колебаний обтекатель, и системой ГЛОНАСС/GPS, связанной с системой автономного дистанционного управления и хранения информации [3].

Автономность этой системы ограничена запасом топлива на борту и отсутствием возможности его пополнения в море, также отсутствует возможность контроля воздушной обстановки.

Также существует мобильная система мониторинга подводной акватории, содержащая безэкипажный катер, включающий в себя жесткий корпус, обеспечивающий плавучесть катера, дизель-электрический комплекс и движитель, обеспечивающие мобильность катера, бортовую систему управления с спутниковой системой навигации, системой дистанционного управления и запоминающим устройством, обеспечивающую дистанционное управление катером, пункт управления, с которого предусмотрена возможность дистанционного управления безэкипажным катером. Безэкипажный катер дополнительно включает в себя устройство для хранения и постановки радиогидроакустических буев, в котором в неразвернутом состоянии мобильной системы мониторинга расположены радиогидроакустические буи. Причем безэкипажный катер выполнен с возможностью постановки указанных радиогидроакустических буев с помощью указанного устройства

для их хранения и постановки по команде с пункта управления в заданных точках контролируемой акватории [4].

В этой системе так же отсутствует возможность контроля воздушной обстановки и есть ограничения по применению в зависимости от запасов топлива на бору что снижает время на ее активное применение и требует дополнительных средств для создания непрерывного контроля за этим участком акватории.

Наиболее интересной, по нашему мнению, является система наблюдения за надводной и подводной обстановкой, содержащая видеоканал, телевизор и радиолокационную станцию, систему приема и передачи данных по радиоканалу, ветрогенератор и аккумуляторную батарею, радиолокационная станция расположена в радиопрозрачном корпусе и удерживается на заданной высоте с помощью вращающегося аэростата, имеющего лопасти, в верхней части радиопрозрачного корпуса расположен электрогенератор, к ротору которого присоединен трос от аэростата, в нижней части радиопрозрачный корпус соединен тросом с электролебедкой, находящейся в корпусе устройства гидроакустического обнаружения, выполненном в виде полупогруженного в воду цилиндра, где в верхней части расположены приборы системы гидроакустического обнаружения, системы приема и передачи данных, вычислительный комплекс, воздушный насос с датчиком давления, электрогенератор с жестко закреплённым на роторе винтовым пропеллером, установленным в боковом вырезе корпуса, нижняя часть корпуса соединена с трубой меньшего диаметра, на ней расположены гидрофоны системы гидроакустического обнаружения, труба имеет вырезы и при помощи груза, в роли которого выступает аккумуляторная батарея, зафиксирована на грунте [5].

К сожалению, эта система имеет сложную конструкцию и лишена мобильности. Решением может быть создание мобильной системы наблюдения за воздушной, надводной и подводной обстановкой [6] расширяющей возможности средств наблюдения.

Системы способной при помощи гидроакустических, оптических и радиотехнических средств обнаружения, установленных таким образом, чтобы эффективно использовать заложенные технические возможности, длительное время, автономно осуществлять наблюдение за воздушной, надводной и подводной обстановкой, своевременно обнаруживать, оповещать и выдавать характеристики и параметры движения об обнаруженных объектах, а при необходимости, оперативно перемещать имеющиеся средства обнаружения на новый участок акватории.

Мобильная система наблюдения за воздушной, надводной и подводной обстановкой содержащая систему оптического наблюдения, радиолокационную станцию, гидроакустическую систему обнаружения обеспечивает эффективное обнаружение целей в различных средах и на протяженных участках акватории. Обработка получаемой от технических средств обнаружения производится в автоматическом режиме системой управления с вычислительным комплексом и полученные результаты через систему космической связи передается на пункт управления. Пункт управления дистанционно управляет развертыванием, свертыванием и перемещением системы на новое место наблюдения, для этого используется система спутникового позиционирования ГЛОНАСС и водометная система движения, состоящая из расположенных в каждом корпусе водяных насосов с соплами под водой в кормовой части судна. Перемещается мобильная система наблюдения за воздушной, надводной и подводной обстановкой со сложной и зафиксированной горизонтально мачтой, как и обычное судно, и имеет возможность вести наблюдение за обстановкой. Гидроакустическая система обнаружения располагается под водой в носовой части, как и у всех морских судов, а радиолокационная станция в радиопрозрачном корпусе на корпусе катамарана. Для более эффективного наблюдения в заданной точке акватории и использовании системы оптического наблюдения мачта переводится и фиксируется в вертикальном положении, для чего используется гидравлический цилиндр. Опуская гидроакустическую систему обнаружения на глубину, ограниченную нижней частью мачты от оси вращения, увеличиваются ее возможности по обнаружению подводных и надводных средств. А подъем радиолокационной станции на высоту мачты, и использование системы оптического наблюдения повышают дальность обнаружения воздушных и надводных целей, повышают возможности обнаружения низколетящих целей (БПЛА, КР и т.п.).

На соединительном мостике располагается обеспечивающая наблюдение при движении системы всепогодная поворотная камера, а также система приема и передачи данных с антенной, система управления с вычислительным комплексом, блоки системы ГЛОНАСС.

Существует возможность использовать ветрогенератор вертикального типа со складывающимися лопастями для пополнения запасов электроэнергии в аккумуляторной батарее или для обеспечения работы технических средств. Схема мобильной системы наблюдения за воздушной, надводной и подводной обстановкой со сложной поворотной мачтой и мачтой в вертикальном положении представлена на рис. 1 и 2.

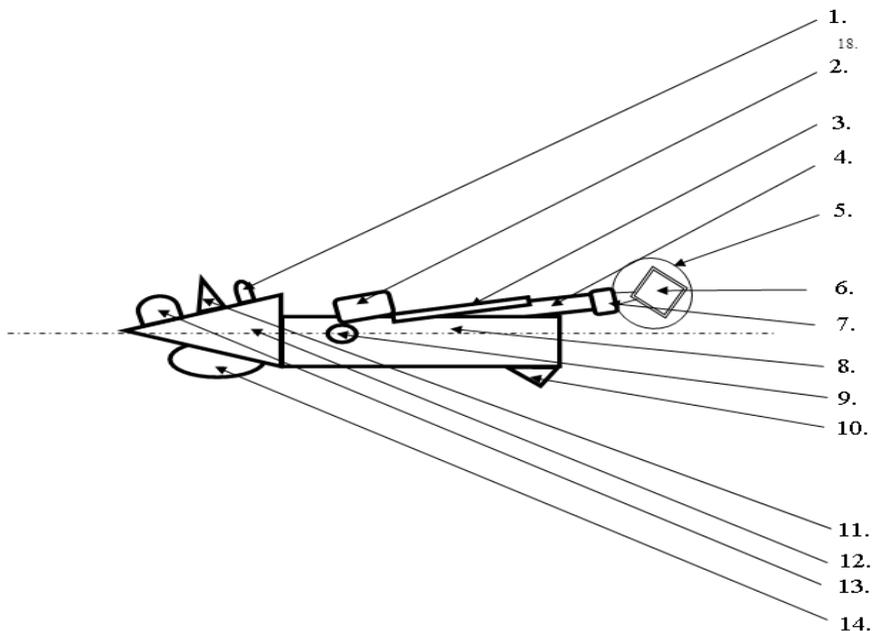


Рис. 1. Схема мобильной системы наблюдения за воздушной, надводной и подводной обстановкой со сложной поворотной мачтой

На рисунке представлены следующие обозначения: 1. – антенна системы ГЛОНАСС; 2. – ветрогенератор; 3. – лопасти ветрогенератора; 4. – поворотная мачта; 5. – радиопрозрачный корпус; 6. – радиолокационная станция; 7. – система оптического наблюдения; 8. – корпус катамарана; 9. – ось вращения поворотной мачты; 10. – выходные сопла водометной системы; 11. – антенна космической связи; 12. – соединительный мостик; 13. – видеочамера оптического и инфракрасного диапазона; 14. – гидроакустическую систему обнаружения.

Мобильная система наблюдения за воздушной, надводной и подводной обстановкой работает следующим образом: перед началом эксплуатации необходимо иметь предварительно заряженную аккумуляторную батарею. Далее по команде с пункта управления и по заранее загруженным в вычислительный комплекс системы управления данным судно осуществляет переход в район выполнения задач. Для экономии энергоресурсов системы и сокращения времени разворачивания возможна буксировка другим судном.

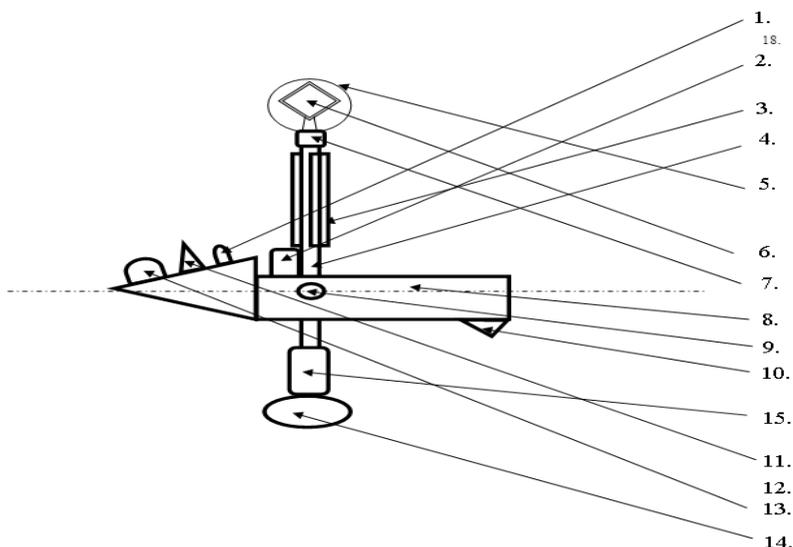


Рис. 2. Схема мобильной системы наблюдения за воздушной, надводной и подводной обстановкой с поворотной мачтой в вертикальном положении

На рисунке представлены следующие обозначения: 1. – антенна системы ГЛОНАСС; 2. – ветрогенератор; 3. – лопасти ветрогенератора; 4. – поворотная мачта; 5. – радиопрозрачный корпус; 6. – радиолокационная станция; 7. – система оптического наблюдения; 8. – корпус катамарана; 9. – ось вращения поворотной мачты; 10. – выходные сопла водометной системы; 11. – антенна космической связи; 12. – соединительный мостик; 13. – видеокамера оптического и инфракрасного диапазона; 14. – гидроакустическую систему обнаружения; 15. – аккумуляторная батарея.

Движение осуществляется за счет работы расположенных в каждом корпусе катамарана водяных насосов, осуществляющих забор воды в носовой части и выталкивающий воду через выходные сопла под водой в кормовой части каждого корпуса. Направление движения задается системой управления посредством увеличения или уменьшения мощности того или другого водяного насоса.

В процессе движения управление осуществляется, используя данные с видеокамеры оптического и инфракрасного диапазона, также свой функционал по наблюдению за воздушной, надводной и подводной обстановкой осуществляют радиолокационная станция и гидроакустическая система

обнаружения. Такая схема использования позволяет контролировать протяженные участки акватории, но ограничивается запасами электроэнергии в аккумуляторной батарее. Также в этом случае понижается эффективность наблюдения из-за помех создаваемых гидроакустической системе обнаружения водяными насосами и низким радиолокационным горизонтом для радиолокационной станции.

Применение мобильной системы наблюдения за воздушной, надводной и подводной обстановкой на стопе позволяет повысить эффективность применения имеющихся средств наблюдения. Удержание в заданной точке управления акватории осуществляется периодическим определением своего места с использованием системы спутникового позиционирования ГЛОНАСС. При отклонении от заданной точки система управления запускает водометную систему движения и обрабатывает отклонение. Осуществляется приведение поворотной мачты в вертикальное положение вокруг оси вращения. Для этого используется гидравлический цилиндр давление, в котором создается водяными насосами системы движения. В таком положении гидроакустическая система обнаружения погружается в толщу воды и имеет возможность эффективно контролировать различные водные слои. В свою очередь в наблюдение включается система оптического наблюдения и у радиолокационной станции увеличивается радиолокационный горизонт наблюдения и повышается эффективность обнаружения низколетящих целей.

В данном случае появляется возможность длительного использования мобильной системы наблюдения за воздушной, надводной и подводной обстановкой за счет пополнения электроэнергии в процессе эксплуатации. Для этого используется ветрогенератор со складывающимися лопастями. Складывающиеся лопасти закреплены на полом цилиндрическом валу, свободно вращаемом на поворотной мачте и через механическую передачу соединенного с валом ветрогенератора. В вертикальном положении система управления разворачивает складывающиеся лопасти и за счет воздушных потоков ветрогенератор вырабатывает электроэнергию пополняя запас аккумуляторной батареи или снабжая электроэнергией потребителей.

Аккумуляторная батарея выполнена в герметичном корпусе и также как гидроакустическая система обнаружения погружена в воду. Так как нам требуется значительный запас электроэнергии и аккумуляторная батарея обладает большой массой, то центр тяжести расположен в нижней части на поворотной мачте для придания устойчивости и баланса системы.

При обнаружении целей системой оптического наблюдения, радиолокационной станцией, гидроакустической системой обнаружения вычислительный комплекс обрабатывает эту информацию, определяет параметры движения цели, производит классификацию цели, и система управления через систему космической связи осуществляет передачу этой информации на пункт управления.

Мобильная система наблюдения за воздушной, надводной и подводной обстановкой позволяет вести непрерывное наблюдение за участками акватории большой площади, эффективно использовать заложенные технические возможности, позволяет осуществлять обнаружение подводных, надводных и воздушных целей, выдавая точные координаты, особенно при использовании нескольких взаимосвязанных систем, решать задачи охраны протяженных морских участков. Система способна автономно осуществлять наблюдение и своевременно оповещать об обнаруженных объектах, эксплуатироваться длительное время, за счет возможности пополнять электроэнергию в процессе эксплуатации.

Необходимо отметить целесообразность применения в мобильной системе наблюдения за воздушной, надводной и подводной обстановкой современных средств наблюдения имеющих высокие характеристики по обнаружению при малой массе и габаритах, так и современных материалов для корпуса судна и прежде всего для поворотной мачты. Разработаны и активно используются углепластики, обладающие на порядки большей прочностью, чем металлы и имеющие при этом малую массу. От этого зависят размеры судна, хотя все это должно рассчитываться индивидуально и будет зависеть от решаемых задач, т.е. от необходимой глубины опускания гидроакустической системы обнаружения и требуемой высоты подъема радиолокационной станции.

Для использования мобильной системы наблюдения за воздушной, надводной и подводной обстановкой в районах специальной военной операции или прилегающим к ней, где применение данной системы наблюдения будет эффективно против БЭК и БПЛА, дополнительно необходима комплектация средствами РЭБ и комплексами поражения по данным получаемым от имеющихся систем наблюдения.

Российский флот вооружат против БЭК и БПЛА. Министерство обороны утвердило план модернизации кораблей и судов ВМФ России, чтобы усилить их защиту от надводных и подводных беспилотных аппаратов. На их бортах появятся дополнительное специальное вооружение и средства радиоэлектронной борьбы. Новые системы защиты уже получили

несколько российских боевых судов, в том числе как минимум один десантный корабль. Эксперты отмечают, что подводные и надводные беспилотники уже становятся реальной боевой угрозой для военных флотов по всему миру.

Опыт любого вооруженного конфликта полезен тем, что очень быстро появляются новые технические решения, и их надо воплощать в жизнь. Оптимальным решением стало бы создание вокруг каждого корабля защитного контура, который объединит разные средства наблюдения – оптические, радиолокационные, гидроакустические. Полученные данные должны передаваться на посты управления оружием [7].

Значительно расширить возможности по противодействию БЭК и БПЛА позволит не только оснащение кораблей различными системами огневого поражения, не насыщение их специализированными средствами РЭБ, но и прежде всего развитием разнородной системы обнаружения.

Она должна включать все доступные средства обнаружения, объединенные в единую автоматизированную систему: средства обнаружения на космических аппаратах, на авиационных носителях, в том числе и беспилотных, на береговых и всех морских носителях. На специализированных морских носителях, разворачиваемых на угрожаемых направлениях на большом удалении для своевременного обнаружения и обеспечения необходимого времени на подготовку и применение всех имеющихся средств поражения.

Список использованных источников

1. Морская доктрина Российской Федерации / Министерство иностранных дел Российской Федерации. – URL: https://www.mid.ru/ru/foreign_policy/official_documents/1688734/
2. Конспект по географии / ОК ГДЗ. – URL: <https://www.euroki.org/konspekti/geografiya/paragraf-3-geografiya-8-klass-alekseev-nikolina>
3. Патент РФ № 2639000 от 2019 года. Мобильная надводная роботизированная система для проведения операций по освещению обстановки и мониторингу состояния акватории. / Д. А. Белов, Д. К. Зайченко, А. А. Пенкин, А. Б. Чуриков.
4. Патент РФ № 2796093 от 2022 года. Мобильная система мониторинга подводной акватории. / А. В. Новиков, В. В. Цурганов.
5. Патент РФ № 2787578 от 2023 года. Система наблюдения за надводной и подводной обстановкой. / А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков.
6. Заявка на изобретение № 2024134409 от 2024 года. Мобильная система наблюдения за воздушной, надводной и подводной обстановкой / С. Н. Куканков.
7. Морской рой: как кораблям защищаться от дронов? Морской рой: как российские военные корабли будут защищаться от дронов Минобороны РФ утвердило

план модернизации судов ВМФ, усиливая их средствами борьбы с беспилотниками / Верное решение. – URL: <https://решение-верное.рф/Marine-swarm-how-ships-defend-against-drones>.

References

1. Maritime Doctrine of the Russian Federation / Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation. – URL: https://www.mid.ru/ru/foreign_policy/official_documents/1688734/
2. Summary of geography / OK GDZ. – URL: <https://www.euroki.org/konspekti/geografiya/paragraf-3-geografiya-8-klass-alekseev-nikolina>
3. Patent of the Russian Federation No. 2639000 dated 2019. A mobile surface robotic system for conducting operations to illuminate the situation and monitor the condition of the water area / Belov D. A., Zaichenko D. K., Penkin A. A., Churikov A. B.
4. Patent of the Russian Federation No. 2796093 dated 2022. Mobile underwater monitoring system. / Novikov A. V., Kurganov V. V.
5. Patent of the Russian Federation No. 2787578 dated 2023. A system for monitoring surface and underwater conditions / Berdnikov A. Yu., Kukankov S. N.
6. Application for invention No. 2024134409 dated 2024. Mobile surveillance system for aerial, surface and underwater conditions / Kukankov S. N.
7. The sea swarm: how can ships defend themselves from drones? The Sea Swarm: how Russian warships will defend themselves from drones The Russian Defense Ministry has approved a plan to modernize Navy vessels, strengthening them with anti-drone weapons / The right decision. – URL: <https://решение-верное.рф/Marine-swarm-how-ships-defend-against-drones>.

УДК 623.746.4-519

А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков
(Войсковая часть 2462,
г. Москва, Россия)

МОНИТОРИНГ УЧАСТКОВ МЕСТНОСТИ БОЛЬШОЙ ПЛОЩАДИ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Аннотация. В статье рассмотрен подход к использованию различных видов беспилотных авиационных систем для мониторинга, рассмотрен опыт создания и эксплуатации таких систем, варианты энергообеспечения и пути увеличения длительности полета.

Ключевые слова: беспилотная авиационная система, мониторинг поверхности земли, видеонаблюдение, энергообеспечение.

A. Y. Berdnikov, S. N. Kukankov

(Military unit 2462,
Moscow, Russia)

MONITORING OF LARGE AREA AREAS USING UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS

Abstract. The article considers an approach to using various types of unmanned aircraft systems for monitoring, discusses the experience of creating and operating such systems, energy supply options and ways to increase flight duration.

Keywords: unmanned aircraft system, monitoring of the earth's surface, video surveillance, energy supply.

Для выполнения специальных задач, в частности для наблюдения за протяженными участками поверхности земли, беспилотный летательный аппарат (БПЛА) должен рассматриваться в совокупности с его приборным оснащением и поддерживающей инфраструктурой, для чего введен термин беспилотная авиационная система (БАС). Мониторинг с использованием БАС применяется для широкого спектра задач во множестве разнообразных сфер человеческой деятельности, включая добычу, переработку и транспортировку природных ресурсов, строительство, промышленность, сельское хозяйство, природоохранная, оборонная и многие другие. Дроны с фотокамерой, тепловизором, мультиспектральной камерой и иным оборудованием позволяют производить регулярный или внеплановый мониторинг оперативно, качественно и точно, в любое время дня и года. Непрерывное наблюдение и наблюдение за протяженными или крупноплощадными объектами, требуют одновременного использования большого количества БПЛА. Поэтому возникает необходимость создание БАС, такие системы позволят более эффективно использовать возможности задействованных БПЛА и сделают менее сложной систему управления ими.

Существенной экономии ресурсов добиваются применением БАС для мониторинга силовые структуры, органы безопасности, охранные организации, ответственные за безопасность людей и сохранность государства и имущества. Даже самые подготовленные и опытные сотрудники силовых ведомств на скоростных транспортных средствах не обеспечат столь эффективный и тщательный осмотр, не придут на место потенциальной опасности так же быстро. Кроме того, не стоит забывать, что использование БАС позволяет существенно снизить риски для здоровья и жизни сотруд-

ников безопасности. Стационарные видеокамеры и датчики уязвимы к внешним воздействиям, их легко вывести из строя или обмануть. Это подтверждено на практике в зоне специальной военной операции. В отличие от БАС использующей мощный летательный аппарат, зависший высоко в небе (и поэтому незаметный), работающий на уникальном защищенном программном обеспечении и передающий сигнал по собственному каналу связи.

Какие задачи может выполнять БАС:

- наблюдать за передвижением людей, техники и объектов по заданной территории;
- отслеживать изменения целостности поверхностей, в том числе зданий, ограждений, оборудования и т. д.;
- анализировать атмосферные свойства замкнутых пространств без риска для здоровья и жизни людей;
- создавать трехмерные карты местности;
- прогнозировать критические изменения ландшафта и окружающей среды и планировать работы по предотвращению опасности;
- предотвращать нарушения безопасности, противостоять нежелательным проникновениям на территорию;
- контролировать обширные пространства и крупные объекты;
- следить за состоянием полей, лесных территорий и других природных объектов, находящихся на заданной территории.

С начала 2000-х гг. мониторинг поверхности земли с применением БАС находит широкое применение в различных областях деятельности.

Беспилотные летательные аппараты обладают простотой в эксплуатации и управляются дистанционно, что расширяет их спектр применения в областях и территориях, недоступных для человека по разным причинам [1]. БАС способны получать изображения высокой четкости с точностью пространственного разрешения как минимум до сантиметров с больших площадей благодаря оснащению оборудованием (датчиками дистанционного зондирования) и соответствующим программным обеспечением (алгоритмы технологии позиционирования) [2]. Эти особенности раскрывают всю широту их применения: военные операции (разведки, обнаружения цели и атаки на поле боя), гражданская авиация (мониторинг и наблюдения с воздуха, контроль лесных пожаров, инспекция инфраструктуры и др.), агрономия (выявление заболеваний растений, оценка, оптимизация использования земли и др.), киноиндустрия и шоу, транспорт и доставка, охрана окружающей среды и др. [3]. В пограничной деятельности рассматривается

поиск и обнаружение наземных и надводных целей, определение координат обнаруженных целей, непрерывный мониторинг морской и наземной обстановки, наведение пограничных нарядов, кораблей, вертолетов на цели для их опознания или задержания и другие. Стоит отметить, что технология аэрофотосъемки с БПЛА в значительной степени отработана. В настоящее время большая часть существующих и эксплуатируемых БПЛА предназначены для воздушной разведки и наблюдения, которые осуществляются с помощью фото- и видеосъемки.

Существуют различные технические решения в области БПЛА самолетного типа предназначенных для воздушного наблюдения и разведки протяженных участков государственной границы.

При использовании БПЛА для мониторинга необходимо учитывать соответствующую нагрузку и дальность полета. Подбор БПЛА с учетом этих параметров позволяет выполнить мониторинг с наибольшей эффективностью и точностью. БПЛА могут осуществлять мониторинг с воздуха в труднодоступных или опасных местах, где люди не могут безопасно работать. Также они могут быстро получать данные о больших участках земли и выполнять эту задачу в более экономически эффективной манере, чем обычные методы. БПЛА оснащаются различными типами средств наблюдения, такими как оптические приборы, тепловизоры, радиолокационные системы, которые могут помочь собрать информацию об объектах на поверхности земли или воды в любых метеорологических условиях.

Для выполнения мониторинга с воздуха БПЛА должны соответствовать различным требованиям. Они должны иметь достаточную продолжительность полета, летать на достаточной высоте для сбора максимального объема необходимых данных. Также они должны быть достаточно устойчивыми, чтобы не падать в результате сбоя в системе управления или изменения погодных условий. Следует отметить, что появление более продвинутых технологий в БПЛА позволяет увеличивать их эффективность и устойчивость при выполнении мониторинга с воздуха.

Создание новых БАС, применение новейших достижений аэродинамики, электротехники, оптики и радиолокации способствует приобретению новых возможностей по применению и расширению спектра решаемых задач. Одним из условий применения БАС в пограничной деятельности является возможность оперативного применения таких систем. Это условие предъявляет определенные требования к конструкциям БПЛА используемых в этих системах. Они должны обладать компактностью, но не в ущерб длительности полета, возможностью транспортировки имеющимися транс-

портными средствами, возможностью запуска с необорудованных площадок.

Так разработан беспилотный летательный аппарат для контроля поверхности земли, содержащий корпус в виде платформы с воздухонепроницаемой эластичной оболочкой и клапаном, а также оборудованной складными крыльями, выполненные определенным образом. Внутри платформа содержит систему управления, систему спутниковой навигации ГЛОНАСС, приемо-передающее устройство, аккумуляторную батарею, а снаружи к ней прикреплен съемный баллон, заполненный газом под давлением и через клапан, соединенный с оболочкой, а также камера оптического и инфракрасного диапазона в ее нижней части, защищенная полимерными дугами. Обеспечивается повышение маневренности и управляемости беспилотного летательного аппарата, увеличение времени нахождения в воздухе, удобство при транспортировке [4].

Также интересным, по нашему мнению, представляется складной дирижабль-самолёт, включающий мягкую оболочку с камерами, выполненную в виде крыла большого удлинения с дозвуковым аэродинамическим профилем, два надувных кия с двумя рулями направления, один руль высоты, две силовые установки, состоящие из электромоторов и флюгируемых воздушных винтов, солнечные батареи, расположенные на верхней поверхности упомянутого крыла, связной и командный блоки управления, а также контейнер для полезной нагрузки. Камеры выполнены с возможностью заполнения несущим газом и его откачки. Силовые установки, блоки и контейнер выполнены съемными. Крыло выполнено с возможностью складывания в гармошку. Изобретение направлено на снижение объема в нерабочем положении [5].

Работы в этом направлении продолжают, совсем недавно был разработан проект беспилотной авиационной системы для длительного мониторинга протяженных участков местности [6], обеспечивающей длительное нахождение в воздухе и применения широкого спектра средств наблюдения.

Заявленная беспилотная авиационная система для длительного мониторинга протяженных участков местности расширяет возможности по ведению наблюдения и разведки объектов на большой площади в течении продолжительного времени.

Система использует БПЛА содержащий жесткий корпус, к которому крепятся два крыла большого удлинения с дозвуковым аэродинамическим профилем. Каждое из крыльев представляет собой две соединенные

по длине гибкие полимерные пластины, сворачиваемые при запуске в рулон и фиксирующиеся стопорами. В таком состоянии при запуске с помощью ускорителя исключается повреждение крыла и придается оптимальная аэродинамическая форма для полета на заданную высоту. Верхняя пластина представляет собой гибкую солнечную батарею. Между пластинами во внутреннюю полость по всей длине крыла, в передней части вставляется съемная эластичная емкость, она герметично соединена с корпусом, имеет внутри себя систему заполнения. В качестве системы заполнения выступает гибкая трубка с отверстиями по всей длине, соединенная через выпускной клапан с расположенной в корпусе емкостью для хранения быстротвердеющего пенополиуретанового состава.

Внутри корпуса расположены аккумуляторная батарея для накопления запасов электроэнергии вырабатываемой солнечной батареей и снабжение ею энергопотребителей системы.

Для управления полетом в корпусе устанавливаются устройства управления полетом имеющие набор средств наблюдения в носовой части, блоки управления, связи и навигации. В качестве средств наблюдения могут быть оптические и тепловизионные камеры. Блок связи обеспечивает обмен информацией с пунктом управления по каналам спутниковой и радиосвязи. Навигация осуществляется с использованием инерциальной или спутниковой (ГЛОНАСС) систем.

Там же находится парашютная система, место крепления которой расположена не в диаметральной плоскости корпуса и при срабатывании придает положение системе таким образом, чтобы при приземлении первичное касание пришлось на крыло.

В задней части фюзеляжа располагается электрический двигатель с воздушным винтом толкающего типа, винт находится между двумя балками корпуса из композитного материала, к которым крепится хвостовая часть. Хвостовая часть выполнена по двух килевой схеме с двумя рулями направления и рулем высоты. Маневрирование в полете осуществляется за счет изменения положения рулей направления и рулей высоты, приводимых в действие с помощью электродвигателей. Для вывода беспилотной летательной системы для длительного мониторинга за участками местности большой площади на рабочую высоту, для развертывания в рабочее положение и дальнейшей эксплуатации применяется одноразовый ускоритель, для которого в нижней части корпуса имеется специальное крепление. Схема беспилотной авиационной системы для длительного мониторинга протяженных участков местности представлена на рис. 1 и 2.

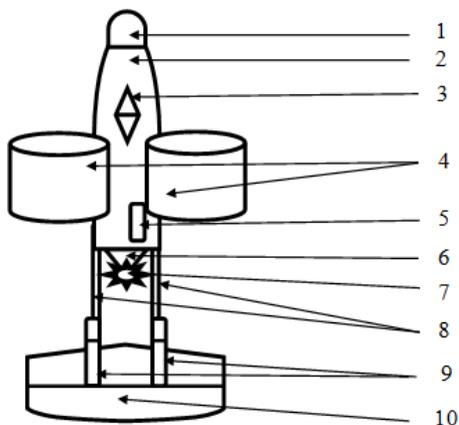


Рис. 1. Беспилотная авиационная система для длительного мониторинга за участками местности большой площади в сложенном состоянии

На рисунке представлены следующие обозначения: 1 – съемная полезная нагрузка для наблюдения; 2 – корпус; 3 – блоки связи и навигации; 4 – крыло; 5 – место нахождения парашюта; 6 – электрический двигатель; 7 – воздушный винт; 8 – балки корпуса; 9 – кили с рулями направления; 10 – руль высоты; 11 – панели солнечной батареи.

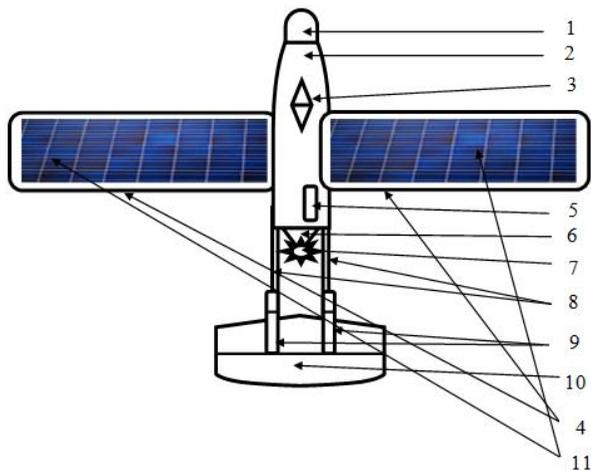


Рис. 2. Беспилотная авиационная система для длительного мониторинга за участками местности большой площади с развёрнутыми крыльями

На рисунке представлены следующие обозначения: 1 – съемная полезная нагрузка для наблюдения; 2 – корпус; 3 – блоки связи и навигации; 4 – крыло; 5 – место нахождения парашюта; 6 – электрический двигатель; 7 – воздушный винт; 8 – балки корпуса; 9 – кили с рулями направления; 10 – руль высоты; 11 – панели солнечной батареи.

Применение данной БАС происходит в несколько этапов. При подготовке к выполнению задач в пространство между гибкими полимерными пластинами, формирующими крылья, устанавливается эластичная емкость с системой заполнения внутри эластичной емкости и герметично соединяется с корпусом и емкостью для хранения быстротвердеющего пенополиуретанового состава через выпускной клапан. После этого крыло сворачивается в рулон и фиксируется стопорами. Присоединяется стартовый ускоритель, и беспилотная авиационная система для длительного мониторинга за участками местности большой площади устанавливается на устройстве запуска.

Приводится в действие стартовый ускоритель и система стартует. На заданной высоте, определяемой с помощью высотомера, блоком управления выдается команда на отсоединение стартового ускорителя и разблокировку фиксирующих стопоров для раскрытия крыльев, и запуск электрического двигателя с воздушным толкающим винтом. По команде блока управления открывается выпускной клапан, и эластичная емкость через систему заполнения внутри эластичной емкости заполняется быстротвердеющим пенополиуретановым составом, после затвердевания, которого система готова к работе. После старта беспилотной авиационной системы для длительного мониторинга за участками местности большой площади управление осуществляется с пункта управления, по каналам спутниковой и радиосвязи, опираясь на получаемую визуальную информацию и данные системы ГЛОНАСС.

Разворачиваемые крылья раскрывают и солнечные батареи имеющие большую площадь, обеспечивающие наблюдение с использованием полезной нагрузки, обмен информацией по радио и спутниковым каналом и навигацию через блоки связи и ГЛОНАСС-навигации, обеспечение энергией электрического двигателя и устройств управлением полетом (электродвигателями управляющими рулями управления и высоты), накопление электроэнергии в аккумуляторной батарее.

Полет беспилотной авиационной системы для длительного мониторинга за участками местности большой площади осуществляется под управлением пункта управления или по заданному маршруту. В целях эко-

номии электроэнергии полет может, осуществляется чередованием режима пассивного планирования, с активным режимом набора высоты. Пределы минимальной и максимальной высоты определяются по высотомеру, и блок управления запускает или останавливает электродвигатель. Такой полет обеспечивает беспилотной авиационной системе длительный мониторинг за участками местности большой площади и позволяет решать широкий спектр задач.

По завершении полета, для осуществления посадки по команде блока управления срабатывает парашютная система, выпускается парашют. Место крепления парашюта находится не в диаметральной плоскости корпуса, и посадка будет осуществляться с наклоном и при приземлении основная тяжесть придется на гибкое крыло что позволит смягчить приземление и сохранить все узлы для многократного использования.

Использование беспилотной авиационной системы длительного мониторинга за участками местности большой площади позволяет организовывать наблюдение за интересующими протяженными участками государственной границы, обеспечить длительное время наблюдения как самостоятельно, так и с учетом размещенных на поверхности технических средств. Данная система найдет свое применение в пограничной деятельности, где необходим не ограниченный по времени и накрывающий значительные площади контроль.

Список использованных источников

1. Технологии дистанционного зондирования земли с применением беспилотных воздушных судов. / М. А. Осинцева, А. О. Рада, А. Д. Кузнецов. // Успехи современного естествознания. – 2024. – № 1. – С. 74 – 79.
2. Технологии дистанционного зондирования земли с применением беспилотных воздушных судов / Успехи современного естествознания. – URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=38210>.
3. Сферы применения беспилотных летательных аппаратов – документация Pioneer March update 2024.
4. Патент РФ № 2776085 от 2022 года. Беспилотный летательный аппарат для контроля поверхности земли / А. Ю. Бердников, В. Н. Козлов, С. Н. Куканков.
5. Патент РФ № 2752326 от 2021 года. Складной дирижабль-самолет / В. И. Чугунов.

References

1. Osintseva M.A., Rada A.O., Kuznetsov A.D. Technologies of remote sensing of the earth using unmanned aircraft // Successes of modern natural science. – 2024. – No. 1. – pp. 74-79;

2. Technologies of remote sensing of the earth using unmanned aircraft / Successes of modern natural science. – URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=38210>

3. Areas of application of unmanned aerial vehicles – documentation Pioneer March update 2024

4. Patent of the Russian Federation No. 2776085 dated 2022. Unmanned aerial vehicle for monitoring the Earth's surface / Berdnikov A.Yu., Kozlov V.N., Kukankov S.N.

5. Patent of the Russian Federation No. 2752326 dated 2021. Folding airship-airplane / V. I. Chugunov.

УДК 623.746.4-519

А. Ю. Бердников, С. Н. Куканков
(Войсковая часть 2462,
г. Москва, Россия)

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ БЕСПИЛОТНЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ, ЗАПУСКАЕМЫЙ ИЗ ТРАНСПОРТНО-ПУСКОВОГО КОНТЕЙНЕРА

Аннотация. В статье рассмотрен подход к использованию различных видов беспилотных летательных аппаратов, рассмотрен опыт создания и эксплуатации, варианты энергообеспечения и применения различных средств наблюдения и разведки.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, пусковой контейнер, энергообеспечение.

A. Y. Berdnikov, S. N. Kukankov
(Military unit 2462,
Moscow, Russia)

MULTIFUNCTIONAL UNMANNED AERIAL VEHICLE LAUNCHED FROM A TRANSPORT AND LAUNCH CONTAINER

Abstract. The article considers an approach to the use of various types of unmanned aerial vehicles, examines the experience of creation and operation, options for energy supply and the use of various means of surveillance and reconnaissance.

Keywords: unmanned aerial vehicle, launch container, power supply.

Беспилотные летательные аппараты стали неотъемлемой частью любой современной армии. Они способны выполнять обширный спектр задач, связанных как с разведкой, так и с непосредственным уничтожением сил и средств противника. В современных условиях, когда войска стали более

технологичны, беспилотники могут стать одним и ведущих типов вооружений. В настоящее время БПЛА применяются для:

- ведения разведки;
- корректировки огня;
- создания ложных целей для противника;
- обеспечения связи;
- для нанесения непосредственного удара.

В дальнейшем спектр задач, выполняемых беспилотными летательными аппаратами, будет только расширяться за счет развития науки, технологий, инженерной мысли [1].

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) приобрели огромную популярность, особенно в наиболее развитых государствах мира. Область применения беспилотников довольно широка. Они активно развиваются, существует большое количество разновидностей этих аппаратов и продолжается создание новых и совершенствование уже существующих.

В интересах пограничных органов беспилотные летательные аппараты находят применение для контроля труднодоступных участков границы, разведки на участке нарушения государственной границы, выявлению мероприятий противника по инженерному оборудованию местности, контролю качества маскировки опорных пунктов своих застав, контроля зоны экономических интересов Российской Федерации.

В мире существуют десятки разработок беспилотных летательных аппаратов, основанных на применении новых форм крыла. Вызовы перед современными разработчиками беспилотников – повышение времени нахождения в воздухе и массы полезной нагрузки. Следует обратить внимание на использование круглого крыла в разрабатываемых моделях беспилотных летательных аппаратов. Испытания таких моделей летательных аппаратов доказали их преимущества, такое крыло обеспечивает плавное обтекание его воздушным потоком, которое не прекращается даже при очень больших углах атаки, достигающих около 45 градусов, что втрое превышает аналогичный показатель обычных самолетов. Даже при таких углах атаки летательный аппарат не сваливается в штопор, а может устойчиво и безопасно парашютировать, причем подъемная сила крыла непрерывно растет. Посадку летательный аппарат совершает плавно за счет возникновения под ним экранного эффекта. Нельзя заставить ускорить приземление, пока скорость полета естественным образом не погасится и экранный эффект не исчезнет. Это также является преимуществом, так как ошибки в пилотировании в момент посадки не приведут к неприятным последствиям.

Существует еще одно положительное качество летательных аппаратов с круглым крылом – ни при каких условиях полета он не срывается в штопор. При выходе на максимальные углы атаки возможно лишь крутое, исключительно устойчивое парашютирование. Примечательно, что этот режим наиболее безопасен. Тогда как у аппаратов с обычными крыльями парашютирование особенно рискованно с точки зрения возможного срыва в штопор.

В настоящее время проводится активный поиск оптимальных решений конструкции БПЛА для решения тех или иных задач. В том числе разрабатываются мобильные малогабаритные беспилотные авиационные системы (БАС) с беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) самолетного типа с ручным запуском и парашютной посадкой, предназначенных для воздушного наблюдения, разведки, обнаружения и сопровождения интересных объектов на суше и на море.

Применение новых технических решений повышает эксплуатационные характеристики летательных аппаратов, увеличивает время и соответственно дальность полета, позволяет более качественно решать поставленные задачи.

Создание новых моделей беспилотных летательных аппаратов, использующих современные достижения аэродинамики, электротехники способствует приобретению новых возможностей по применению и расширению спектра решаемых задач.

Так известен летательный аппарат "Lanner", выполненный по схеме "летающее крыло" и имеющий круглое в плане крыло с расположенными в нем кабиной, силовыми агрегатами, трехопорным шасси, стандартными самолетными системами, механизмами, узлами и агрегатами, обеспечивающими функционирование летательного аппарата, на задней кромке круглого в плане крыла расположены флапероны, а в упомянутом крыле выполнены три профилированных выреза, в которых расположены системы "винт в кольце", оснащенные четырехлопастными соосными винтами с возможностью реверса тяги [2].

Это достаточно крупный летательный аппарат его применение осуществляется с взлетно-посадочных полос, он имеет ограниченное время полета, связанное с ограниченными запасами топлива на борту.

Также разработан многоразовый беспилотный летательный аппарат в транспортно-пусковом контейнере и способ старта многоразового беспилотного летательного аппарата из транспортно-пускового контейнера, содержащий фюзеляж, двигательную установку, стартово-разгонную ступень, складывающиеся крыло и оперение, каждая из консолей крыла выполнена из двух или более телескопически связанных между собой

частей, установленных с возможностью раскрытия при помощи одного и более лонжеронов, каждый из которых выполнен из телескопически соединенных частей, при этом корневая часть лонжерона жестко закреплена в корневой части консоли крыла, а в концевой части консоли крыла выполнен жестко закрепленный силовой шпангоут, в который упирается лонжерон после раздвижения, внешние торцы корневой и концевой частей лонжерона выполнены глухими, при этом беспилотный летательный аппарат, далее – (БПЛА), оснащен складывающимися взлетно-посадочными шасси [3]. Это летательный аппарат также не лишен недостатков.

Наиболее интересным нам представляется многофункциональный малогабаритный трансформируемый многоразовый беспилотный летательный аппарат в транспортно-пусковом контейнере (ТПК) и способы старта, содержащий осесимметричный фюзеляж, сменные модули целевой нагрузки, блоки навигации, управления и двухсторонней радиосвязи, маршевую силовую установку, переходную раму, соосно соединенную с фюзеляжем стартово-разгонную ступень (СТС), складывающиеся крыло и рули, каждый из которых выполнен из двух кинематически связанных частей, складывающихся вокруг хвостовой части фюзеляжа БПЛА, дополнительно содержит стабилизаторы СРС, складывающиеся вокруг хвостовой части СРС, причем диаметр хвостовой части фюзеляжа БПЛА и диаметр хвостовой части СРС меньше наружного диаметра наибольшего (миделевого) сечения фюзеляжа; в районе верхнего свода фюзеляжа размещена парашютная система спасения БПЛА для его очередного применения, маршевая силовая установка на базе газотурбинного двигателя [4].

Перед разработчиками БПЛА стоит задача, с учетом известных недостатков существующих моделей БПЛА, создать такую конструкцию БПЛА, которая обеспечит размещение БПЛА со сложным крылом в малогабаритном ТПК, возможность старта из ТПК, раскрытие крыла после выхода БПЛА из малогабаритного ТПК, возможности пополнения запасов электроэнергии в полете и многократного применения БПЛА.

Решением данной задачи будет создание многофункционального беспилотного летательного аппарата, запускаемого из транспортно-пускового контейнера [5], удовлетворяющим предъявляемые требования.

Многофункциональный беспилотный летательный аппарат, запускаемый из ТПК, содержит фюзеляж, состоящий из двух шарнирно закрепленных частей. Внутри передней части фюзеляжа расположены блоки навигации, управления и радиосвязи для управления полетом и расположенной в носовой части несъемной камеры наблюдения в оптическом и инфракрасном диапазонах. Также там расположены аккумуляторные батареи для обеспечения питания маршевого электродвигателя и накопления электро-

энергии от солнечных батарей, находящихся на верхней поверхности крыла. Сверху передней части фюзеляжа расположено сложенное крыло, образующее при раскрытии круговое крыло, на которое сверху нанесена солнечная батарея. Раскрытие кругового крыла обеспечивает электродвигатель, находящийся внутри фюзеляжа. Также сверху передней части фюзеляжа перед круговым крылом размещается закрытый отсек с парашютной системой. В шарнирно соединенной задней части фюзеляжа расположен маршевый электродвигатель со складывающимся несущим винтом. Шарнирное соединение дает возможность задней части фюзеляжа, то есть маршевому электродвигателю с винтом, отклоняться во всех направлениях, что позволяет управлять направлением движения и высотой полета многофункционального беспилотного летательного аппарата. Также к задней части фюзеляжа с помощью фиксаторов крепится стартово-разгонная ступень для запуска из ТПК и предварительного набора высоты полета. Схемы многофункционального беспилотного летательного аппарата, запускаемого из транспортно-пускового контейнера со сложным крылом и развернутым представлены на рис. 1 и 2.

На рисунке 3 представлена схема функциональных блоков и устройств, расположенных в фюзеляже многофункционального беспилотного летательного аппарата, запускаемого из транспортно-пускового контейнера.

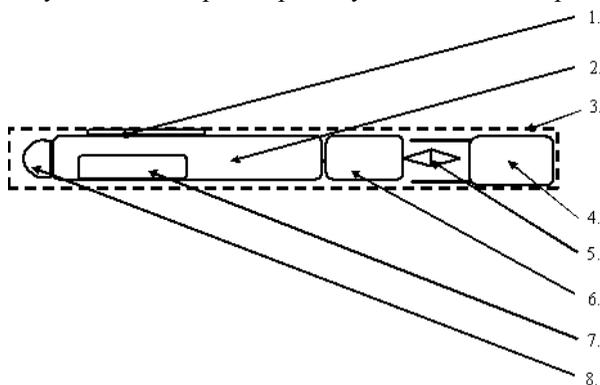


Рис. 1. Схема многофункционального беспилотного летательного аппарата, запускаемого из транспортно-пускового контейнера

На рисунке представлены следующие обозначения: 1 – складывающееся крыло; 2 – передняя часть фюзеляжа; 3 – транспортно-пусковой контейнер; 4 – стартово-разгонная ступень; 5 – складывающийся несущий винт; 6 – задняя часть фюзеляжа; 7 – несъемная камера оптического и инфракрасного диапазона; 8 – солнечная батарея.

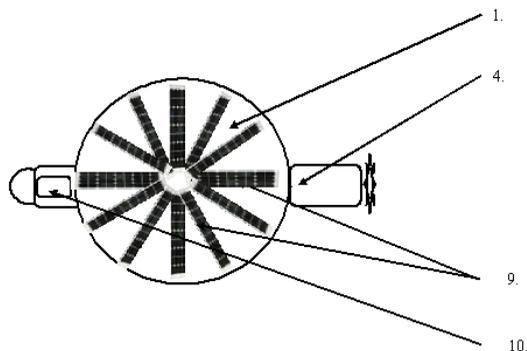


Рис. 2. Схема многофункционального беспилотного летательного аппарата, запускаемого из транспортно-пускового контейнера, с разложенным крылом

На рисунке представлены следующие обозначения: 1 – складывающееся крыло; 4 – стартово-разгонная ступень; 9 – парашютная система приземления; 10 – маршевый электродвигатель.

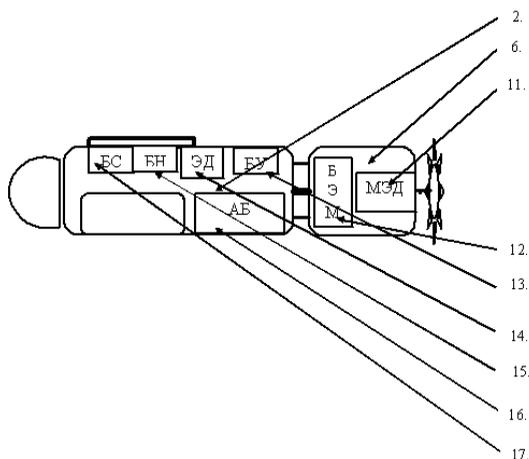


Рис. 3. Схема функциональных блоков и устройств, расположенных в фюзеляже многофункционального беспилотного летательного аппарата, запускаемого из транспортно-пускового контейнера

На рисунке представлены следующие обозначения: 2 – передняя часть фюзеляжа; 6 – задняя часть фюзеляжа; 11 – блок электромагнитов; 12 – блок управления; 13 – электродвигатель; 14 – блок навигации; 15 – аккумуляторная батарея; 16 – блок навигации; 17 – блок связи.

Применение многофункционального беспилотного летательного аппарата, запускаемого из транспортно-пускового контейнера, осуществляется следующим образом: при подготовке к выполнению задач многофункциональный беспилотный летательный аппарат оснащается заряженной аккумуляторной батареей. Крепится стартово-разгонная ступень и вся конструкция размещается в транспортно-пусковом контейнере, который позволяет содержать летательный аппарат в готовности к старту, переносить личным составом и осуществлять перевозку на различных транспортных средствах.

Многофункциональный беспилотный летательный аппарат запускается из ТПК за счет срабатывания стартово-разгонной ступени и производит предварительный набор высоты полета. После отработки стартово-разгонная ступень сбрасывается по команде блока управления, освобождается складывающийся несущий винт, запускается электродвигатель, который посредством зубчатой передачи разворачивает складывающееся крыло, сложенное по типу веера, которое после разворачивания фиксируется, образуя сплошную поверхность. Потребители получают электропитание. Запускается маршевый электродвигатель и многофункциональный беспилотный летательный аппарат, запускаемый из ТПК, осуществляет полет под управлением из командного пункта по радиоканалу, выполняя задачи в зависимости от целевой нагрузки, находящейся на борту.

Управление в полете осуществляется изменением вектора тяги маршевого электродвигателя, которое формируется отклонением шарнирно соединенной задней части фюзеляжа четырьмя электромагнитами блока электромагнитов, сердечники которых соединены с передней частью фюзеляжа.

В процессе полета происходит пополнение запасов электроэнергии аккумуляторной батареи от солнечной батареи, что позволяет увеличить время использования БПЛА и повышает функциональные возможности используемой полезной нагрузки.

Маршрут движения регулируется блоком управления по заранее введенным данным, координатам, получаемым в процессе полета, используя блок навигации через спутниковую глобальную навигационную систему ГЛОНАСС/GPS или визуально по изображению, получаемому несъемной камерой оптического и инфракрасного диапазона. Собираемая в процессе

эксплуатации информация передается на командный пункт через блок связи.

Посадку многофункциональный беспилотный летательный аппарат совершает плавно за счет возникновения под ним экранного эффекта и использования парашютной системы приземления. После посадки производится обслуживание используемых устройств, зарядка аккумуляторной батареи, приведение складывающегося крыла и складывающегося несущего винта в положение для транспортировки, замена сменных модулей полезной нагрузки (при необходимости), присоединение стартово-разгонной ступени и установка в транспортно-пусковой контейнер для следующего применения.

Многофункциональный беспилотный летательный аппарат, запускаемый из транспортно-пускового контейнера, способен оперативно развертываться и длительное время обеспечивать эффективное применение различных модулей сменной полезной нагрузки (средств контроля, наблюдения, ретрансляции, поражения и др.) за счет возможности пополнения и накопления запасов электроэнергии в полете.

Список использованных источников

1. https://militarypravda.ru/1620695-besipilotniki_boj_primenenie_vojna/ / Применение "беспилотников" в современном бою: преимущества и недостатки / Правда.Ру. – URL: https://militarypravda.ru/1620695-besipilotniki_boj_primenenie_vojna/
2. Патент РФ № 139040 от 2014 года. Летательный аппарат "Lanner" / А. А. Литвинов, А. И. Куликов.
3. Патент РФ № 2714616 от 2020 года. Многоцветный беспилотный летательный аппарат в транспортно-пусковом контейнере и способ старта многоцветного беспилотного летательного аппарата из транспортно-пускового контейнера / Г. А. Леонов, С. Н. Зимин, О. С. Измалкин, С. М. Асатуров.
4. Патент РФ № 2778177 от 2022 года. Многофункциональный малогабаритный трансформируемый многоцветный беспилотный летательный аппарат в транспортно-пусковом контейнере (ТПК) и способы старта. / С. В. Евдокимов, А. И. Бадеха, С. Ю. Маталасов, С. А. Куминов [и др.].
5. Патент РФ №226216 от 2024 года. Многофункциональный беспилотный летательный аппарат запускаемый из транспортно-пускового контейнера / С. Н. Куканков.

References

1. https://military.pravda.ru/1620695-bespilotniki_boj_primenenie_vojna/ The use of "drones" in modern combat: advantages and disadvantages / Pravda.Ru – URL: https://military.pravda.ru/1620695-bespilotniki_boj_primenenie_vojna/
2. Patent of the Russian Federation No. 139040 dated 2014. The Lanner aircraft / Litvinov A. A., Kulikov A. I.
3. Patent of the Russian Federation No. 2714616 dated 2020. Reusable unmanned aerial vehicle in a transport and launch container and a method of launching a reusable unmanned aerial vehicle from a transport and launch container/ Leonov G. A., Zimin S. N., Izmalkin O. S., Asaturov S. M.
4. Patent of the Russian Federation No. 2778177 dated 2022. Multifunctional small-sized transformable reusable unmanned aerial vehicle in a transport and launch container (TPC) and launch methods. / Evdokimov S. V., Badekha A. I., Matalasov S. Yu., Kuminov S. A., and others.
5. Patent of the Russian Federation No. 226216 dated 2024. A multifunctional unmanned aerial vehicle launched from a transport and launch container. / Kukankov S.N.

Научное электронное издание

**ВОЙСКА РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ.
ИСТОРИЯ, СОСТОЯНИЕ
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

СБОРНИК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ
IV ВСЕРОССИЙСКОЙ ВОЕННО-ИСТОРИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

Тамбов, 23 апреля 2025 г.

Компьютерное макетирование
А. В. Зайцева, В. В. Алексеева, А. С. Мартынова
Обложка, упаковка, тиражирование Т. Ю. Зотовой

ISBN 978-5-8265-2928-7



Подписано к использованию 25.06.2025.
Тираж 100 шт. Заказ № 90

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14.
Телефон (4752) 63-81-08.
E-mail: izdatelstvo@tstu.ru