



АКТУАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ISSN 2713-1513

#37 (167), 2023

часть I

Актуальные исследования

Международный научный журнал

2023 • № 37 (167)

Часть I

Издается с ноября 2019 года

Выходит еженедельно

ISSN 2713-1513

Главный редактор: Ткачев Александр Анатольевич, канд. социол. наук

Ответственный редактор: Ткачева Екатерина Петровна

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей.

При использовании и заимствовании материалов ссылка на издание обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Абидова Гулмира Шухратовна, доктор технических наук, доцент (Ташкентский государственный транспортный университет)

Альборад Ахмед Абуди Хусейн, преподаватель, PhD, Член Иракской Ассоциации спортивных наук (Университет Куфы, Ирак)

Аль-бутбахак Башшар Абуд Фадхиль, преподаватель, PhD, Член Иракской Ассоциации спортивных наук (Университет Куфы, Ирак)

Альхаким Ахмед Кадим Абдуалкарем Мухаммед, PhD, доцент, Член Иракской Ассоциации спортивных наук (Университет Куфы, Ирак)

Асаналиев Мелис Казыкеевич, доктор педагогических наук, профессор, академик МАНПО РФ (Кыргызский государственный технический университет)

Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, проректор по научной работе, профессор, директор НИИ биогеографии и ландшафтной экологии (Дагестанский государственный педагогический университет)

Бафоев Феруз Муртазоевич, кандидат политических наук, доцент (Бухарский инженерно-технологический институт)

Гаврилин Александр Васильевич, доктор педагогических наук, профессор, Почетный работник образования (Владимирский институт развития образования имени Л.И. Новиковой)

Галузо Василий Николаевич, кандидат юридических наук, старший научный сотрудник (Научно-исследовательский институт образования и науки)

Григорьев Михаил Федосеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (Арктический государственный агротехнологический университет)

Губайдуллина Гаян Нурахметовна, кандидат педагогических наук, доцент, член-корреспондент Международной Академии педагогического образования (Восточно-Казахстанский государственный университет им. С. Аманжолова)

Ежкова Нина Сергеевна, доктор педагогических наук, профессор кафедры психологии и педагогики (Тулский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого)

Жилина Наталья Юрьевна, кандидат юридических наук, доцент (Белгородский государственный национальный исследовательский университет)

Ильина Екатерина Александровна, кандидат архитектуры, доцент (Государственный университет по землеустройству)

Каландаров Азиз Абдурахманович, PhD по физико-математическим наукам, доцент, декан факультета информационных технологий (Гулистанский государственный университет)

Карпович Виктор Францевич, кандидат экономических наук, доцент (Белорусский национальный технический университет)

Кожевников Олег Альбертович, кандидат юридических наук, доцент, Почетный адвокат России (Уральский государственный юридический университет)

Колесников Александр Сергеевич, кандидат технических наук, доцент (Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова)

Копалкина Евгения Геннадьевна, кандидат философских наук, доцент (Иркутский национальный исследовательский технический университет)

Красовский Андрей Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАЕН и АИН (Уральский технический институт связи и информатики)

Кузнецов Игорь Анатольевич, кандидат медицинских наук, доцент, академик международной академии фундаментального образования (МАФО), доктор медицинских наук РАГПН,

профессор, почетный доктор наук РАЕ, член-корр. Российской академии медико-технических наук (РАМТН) (Астраханский государственный технический университет)

Литвинова Жанна Борисовна, кандидат педагогических наук (Кубанский государственный университет)

Мамедова Наталья Александровна, кандидат экономических наук, доцент (Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова)

Мукий Юлия Викторовна, кандидат биологических наук, доцент (Санкт-Петербургская академия ветеринарной медицины)

Никова Марина Александровна, кандидат социологических наук, доцент (Московский государственный областной университет (МГОУ))

Насакаева Бакыт Ермекбайкызы, кандидат экономических наук, доцент, член экспертного Совета МОН РК (Карагандинский государственный технический университет)

Олешкевич Кирилл Игоревич, кандидат педагогических наук, доцент (Московский государственный институт культуры)

Попов Дмитрий Владимирович, доктор филологических наук (DSc), доцент (Андижанский государственный институт иностранных языков)

Пятаева Ольга Алексеевна, кандидат экономических наук, доцент (Российская государственная академия интеллектуальной собственности)

Редкоус Владимир Михайлович, доктор юридических наук, профессор (Институт государства и права РАН)

Самович Александр Леонидович, доктор исторических наук, доцент (ОО «Белорусское общество архивистов»)

Сидикова Тахира Далиевна, PhD, доцент (Ташкентский государственный транспортный университет)

Таджибоев Шарифджон Гайбуллоевич, кандидат филологических наук, доцент (Худжандский государственный университет им. академика Бободжона Гафурова)

Тихомирова Евгения Ивановна, доктор педагогических наук, профессор, Почётный работник ВПО РФ, академик МААН, академик РАЕ (Самарский государственный социально-педагогический университет)

Хайтова Олмахон Саидовна, кандидат исторических наук, доцент, Почетный академик Академии наук «Турон» (Навоийский государственный горный институт)

Цуриков Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент (Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС))

Чернышев Виктор Петрович, кандидат педагогических наук, профессор, Заслуженный тренер РФ (Тихоокеанский государственный университет)

Шаповал Жанна Александровна, кандидат социологических наук, доцент (Белгородский государственный национальный исследовательский университет)

Шошин Сергей Владимирович, кандидат юридических наук, доцент (Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского)

Эшонкулова Нуржахон Абдужабборовна, PhD по философским наукам, доцент (Навоийский государственный горный институт)

Яхшиева Зухра Зиятовна, доктор химических наук, доцент (Джиззакский государственный педагогический институт)

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЯ

Микаилова Р.Т.

- ДИАГНОСТИКА ЗАСУХО- И СОЛЕУСТОЙЧИВОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ОБРАЗЦОВ
КОНСКОЙ БОБЫ (*VICIA FABA L.*)..... 6

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Рысин А.В., Бойкачев В.Н., Наянов А.М., Островский Я.Б.

- ОПТИМИЗАЦИЯ И ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ
УСТРОЙСТВА СВЯЗИ И УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ БПЛА С УЧЁТОМ
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ РАДИО
ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЕ КОММЕРЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ..... 9

ВОЕННОЕ ДЕЛО

Асланов А.Р., Пхешхов А.З.

- МЕТОДИКА РАБОТЫ ОФИЦЕРА-ПОЛИТРАБОТНИКА ПО ПРОФИЛАКТИКЕ
РЕЛИГИОЗНОГО ЭКСТРЕМИЗМА В ВООРУЖЁННЫХ СИЛАХ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ..... 40

Байрамов Р.Б., Асланов А.Р.

- СОЗДАНИЕ ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ВОСПИТАНИЯ И ОБУЧЕНИЯ «ЧУДО
БОГАТЫРЕЙ» ГЕНЕРАЛИССИМУСОМ АЛЕКСАНДРОМ ВАСИЛЬЕВИЧЕМ
СУВОРОВЫМ..... 44

Кропотов В.Л.

- ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ
СРЕДСТВАМ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ КОСМИЧЕСКОГО
БАЗИРОВАНИЯ 47

Пхешхов А.З.

- ИСТОРИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
ТРАДИЦИЙ В РОССИЙСКОЙ АРМИИ 51

Сулейманов Э.М., Дамаскин А.В.

- АНАЛИЗ ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКТОВ РАЗВЕДКИ И
РАЗМИНИРОВАНИЯ 54

Супрун Т.И., Золотарев В.А.

- ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМ ПОДГОТОВКИ И ПРИМЕНЕНИЯ ВОЙСК
НАЦИОНАЛЬНОЙ ГВАРДИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ..... 57

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Lvov E.

- PERFORMANCE AND COST OPTIMIZATION IN CLOUD INFRASTRUCTURES
THROUGH MIGRATION TO ARM-BASED ARCHITECTURES..... 61

Zarichuk O.

METRICS SYSTEMS TO EVALUATE AND IMPROVE THE EFFECTIVENESS OF CROSS-TEAM WORK ON A SINGLE PROJECT 69

Бочаров А.В.

ИНТЕГРАТИВНЫЙ ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ СТРАТЕГИЙ И ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНИК В ДИСЦИПЛИНЕ ЭКСТРАКЦИИ И АНАЛИЗА ЦИФРОВЫХ ДАННЫХ: ГЛУБОКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ КОНЦЕПЦИЙ И ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ..... 74

Созонтов А.В.

РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ: ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ И ПОСТРОЕНИЯ 77

МЕДИЦИНА, ФАРМАЦИЯ

Элоста М., Чурловская Я.В.

ЛАПАРОСКОПИЧЕСКОЕ И ОТКРЫТОЕ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОЕ ЛЕЧЕНИЕ ГРЫЖ: СРАВНИТЕЛЬНОЕ НЕРАНДОМИЗИРОВАННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ 83

БИОЛОГИЯ

МИКАИЛОВА Рена Тофик кызы

ведущий научный сотрудник, канд. биол. наук, доцент,

Отдел физиологической генетики,

Институт генетических ресурсов Министерства науки и образования, Азербайджан, г. Баку

ДИАГНОСТИКА ЗАСУХО- И СОЛЕУСТОЙЧИВОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ОБРАЗЦОВ КОНСКОЙ БОБЫ (*VICIA FABA L.*)

Аннотация. Статья посвящена влиянию засухи и солевого стресса на содержание хлорофилла различных образцов конского боба (*Vicia faba L.*) в стадии цветения. Изучено в лабораторных условиях влияние засухи засоления, на содержание хлорофилла и выделены формы, различающиеся по степени устойчивости. Полученные результаты могут, использованы для рекомендации при селекции засухоустойчивых и солеустойчивых сортов бобовых растений.

Ключевые слова: конские бобы, засуха, засоление, хлорофилл, стресс.

Бобовые культуры, наиболее распространенными из которых являются чечевица, фасоль, горох и нут, являются огромным потенциалом каждой страны для реализации продовольственной программы. Кормовые бобы используются в сельском хозяйстве в кормовых целях и отличаются кормовой ценностью. Исследования показали, что бобы можно использовать для замены соевой муки в рационе при производстве говядины. Бобы используют для производства гранул комбикорма для разведения лосося, в состоянии зеленой спелости могут использоваться для пищевых целей и консервирования. Также используют в качестве органического удобрения.

В настоящее время значительный интерес представляет способность бобовых растений к произрастанию в условиях абиотических стрессов окружающей нашей среды, в частности засухи и засоленных почвах. Ухудшение день за днем экологического состояния приводит к увеличению воздействия абиотических стрессовых факторов (засуха, засоление, высокие и низкие температуры и т.д.) окружающей среды, истощению генетических ресурсов сельскохозяйственных растений. В последнее время ведутся интенсивные исследования для выявления ответных реакций растений на возможные стрессовые ситуации (засуха, солевой

стресс, низкие и высокие температуры и др.) [1, 2].

Неблагоприятные условия среды, такие как засуха, засоление, высокие и низкие температуры и др., оказывают существенное влияние на фотосинтетический аппарат растений. Фотосинтез и дыхание являются процессами, которые обеспечивают материально-энергетическую основу жизнедеятельности растений.

Засоление приводит к созданию в почве низкого водного потенциала, что затрудняет поступление воды в растение. Под влиянием солей происходит нарушение ультраструктуры клеток, в том числе изменения затрагивают структуру хлоропластов. Последнее особенно проявляется при хлоридном засолении. Вредное влияние высокой концентрации солей связано с повреждением мембранных структур, в частности плазмалеммы, вследствие чего возрастает ее проницаемость и теряется способность к избирательному накоплению веществ. В этом случае соли поступают в клетку пассивно, что еще больше усиливает повреждение клетки. Вследствие засоления значительная концентрация ионов натрия препятствует накоплению других катионов, в том числе кальция. В результате растения, произрастающие на засоленных почвах, характеризуются подавленными процессами роста и развития. Данная проблема становится все более важной

в связи с постоянным увеличением площадей засоленных почв.

Изучение адаптационных механизмов на разных уровнях структурной организации растений имеет большое значение для повышения урожая сельскохозяйственных культур в засушливых и засоленных почвах.

В связи с этим было проведено изучение физиологических особенностей сортов и форм по степени устойчивости к условиям засухи и хлоридного засоления.

В деле адаптации растений к неблагоприятным условиям среды большое значение имеет количество содержание хлорофилла, обеспечивающей его функциональную активность в изменяющихся условиях среды. В связи с этим особый интерес вызывает развитие во времени ответной реакции фотосинтетического аппарата на действие неблагоприятных факторов, в частности стресса засухи. Поскольку считается, что он носит неспецифический, общий для всех растительных организмов характер, который является отражением внутренней структурно-функциональной настройки живой системы в экстремальных стрессовых условиях.

Данная работа посвящена изучению и оценке засухо- и солеустойчивости различных образцов конского боба из коллекции института Генетических Ресурсов Министерства Науки и Образования.

Объектом исследования служили 4 образца конского боба, выращенные в полевых условиях. С целью изучения и выделения генетических источников высокой засухо- и соле-стрессустойчивости, проведена оценка различных образцов конского боба (*Vicia faba* L.). Согласно методике (3) определение устойчивости растений к засухе и засолению проводилось по некоторым физиологическим показателям: содержанию и стресс-депрессии фотосинтетического пигментного комплекса (содержание

общей суммы хлорофилла, хлорофилла *a*, *b*) в растворе сахарозы, имитирующего недостаток влаги. Оценку устойчивости растений к засухе и засолению по величине снижения концентрации пигментов проводили, используя высечки листьев, помещенные в пробирки с раствором сахарозы (опыт) и водой (контроль), после чего для экстракции пигментов материал помещали в пробирки с 10 мл 96% этанола. С помощью современного спектрофотометра (UV-3100PC, Япония) устанавливалась величина оптической плотности (D) хлорофилла *a* и *b* в общей смеси пигментов при двух длинах волны (D665, 649nm), соответствующих максимумам поглощения пигментов в данном растворе. По полученным данным было рассчитано отношение (в процентах) концентрации пигментов в высечках листьев на растворе осматика (опыт) к концентрации их на воде (контроль). Это отношение и является мерой для определения относительной засухоустойчивости сравниваемых объектов – оно тем выше, чем больше засухоустойчивость растений.

В результате проводимых наших исследований при комбинированном действии засухи и засоления, было выявлено возрастание количество общей суммы хлорофилла. Повышение уровня хлорофилла указывает на активное функционирование адаптивных механизмов в фотосинтетическом аппарате растений при действии неблагоприятных условий среды. Изучение устойчивости генотипов к засолению и засухе выявило наиболее устойчивые формы – из исследуемых нами различных форм конских бобов. Среди изученных форм были отобраны 3 устойчивые образцы, которые характеризовались высокой устойчивостью к обоим типам стресса - Flip 15 – 079, Flip 15 – 078, Flip 15 – 053 (таблица).

Таблица

Определение засухо- и солеустойчивости образцов конского боба

№	Наименование образцов	Содержание хлорофилла (<i>a+b</i>) на единицу площади листа, в мкг					
		Хлорофилл (<i>a+b</i>)		% от контроля	Хлорофилл (<i>a+b</i>)		% от контроля
		Контроль	сахароза		Контроль	NaCl	
1	Flip 15 – 076	7,02	7,9	112	7,02	6,09	86
2	Flip 15 – 079	6,89	6,81	99	6,89	6,68	97
3	Flip 15 – 078	6,69	6,81	102	6,69	7,19	107
4	Flip 15 – 053	6,35	7,12	112	6,35	7,53	118

Стрессовые действие засухи и засоления способствовало более значительному повышению содержания хлорофиллов *a* и *b*, а также их

суммы в сравнении с контролем. Это явление можно рассматривать как кросс-адаптацию, когда растения, адаптируясь к действию

одного фактора, приобретают устойчивость к действию данных неблагоприятных стресс-факторов.

Таким образом, выделенные в результате изучения генотипы, устойчивые к засухе и хлоридному засолению, представляют значительный интерес в селекции конского боба на устойчивость к неблагоприятным абиотическим факторам среды.

Литература

1. Белова А., Кравченко А. С. Физиологические основы адаптации растений к

воздействию солевого стресса // Auditorium. Электронный научный журнал Курского государственного университета. Биологические науки. 2018. № 1 (17).

2. Еремченко О. З., Кусакина М. Г., Лузина У. В. Содержание пигментов в растениях *Lepidium sativum* процессы и содержание фотосинтетических пигментов в условиях. Вестник Пермского Университета. 2014 биология вып. 1.

3. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям. «Методическое руководство»: под ред. Удовенко Г.В., Л., 1988. 227 с.

MIKAYILOVA Rena Tofig gizi

Leading Researcher, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Department of Physiological Genetics,
Institute of Genetic Resources of the Ministry of Science and Education,
Azerbaijan, Baku

DIAGNOSTICS OF DROUGHT AND SALT RESISTANCE IN DIFFERENT SAMPLES HORSE BEANS (*VICIA FABA L.*)

Abstract. *The article is devoted to the effect of drought and salt stress on the chlorophyll content of various accessions of the horse bean (*Vicia faba L.*) at the flowering stage. The effect of salinity drought on the content of chlorophyll was studied under laboratory conditions, and forms differing in the degree of stability were identified.*

Keywords: *horse beans, drought, salinity, chlorophyll, stress.*

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

РЫСИН Андрей Владимирович

радиоинженер, АНО «НТИЦ «ТЕХКОМ», Россия, г. Москва

БОЙКАЧЕВ Владислав Наумович

кандидат технических наук, директор, АНО «НТИЦ «ТЕХКОМ», Россия, г. Москва

НАЯНОВ Алексей Михайлович

начальник сектора, АНО «НТИЦ «ТЕХКОМ», Россия, г. Москва

ОСТРОВСКИЙ Яков Борисович

кандидат технических наук, начальник отдела, АНО «НТИЦ «Техком»,
Россия, г. Москва

ОПТИМИЗАЦИЯ И ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОГО ИСПОЛНЕНИЯ УСТРОЙСТВА СВЯЗИ И УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ БПЛА С УЧЁТОМ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ РАДИО ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЕ КОММЕРЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

***Аннотация.** В статье представлено конструктивное исполнение оптимального радио-модуля БПЛА для многофункционального применения, что позволяет обеспечить дешёвое производство.*

***Ключевые слова:** мобильное устройство связи и радиоуправления, беспилотный летательный аппарат, активная фазированная решётка, микрополосковая антенна.*

В соответствии с [1, 2, 3, 4] мы установили оптимальные радиотехнические параметры для радио-модуля БПЛА и первичные возможные функциональные схемы с учётом использования в широком диапазоне частот для радиоуправления, радиосвязи и навигации с определением максимума по скрытности передаваемого сигнала для средств радиотехнической разведки (РТР). При этом максимальная скорость передачи информации в режиме BPSK была определена в 38-50 Мбит/сек, а в режиме QAM в 114 - 150 Мбит/сек, тактовая частота дискретизации должна быть от 114 до 150 МГц, аналого-цифровой преобразователь (АЦП) должен иметь разрядность в 13-14 бит. Кроме того, мы показали возможность размещения радиоэлементов для узлов БПЛА на платах при наличии размеров не более чем у аналогов и прототипов и привели первичные соответствующие функциональные схемы. Однако теперь настало время более детально рассмотреть

оптимизацию радио-модуля БПЛА на основе выбора конкретной электрической схемы и конструктивного размещения радиоэлементов с учётом многофункциональности и ширпотреба, так как это позволяет значительно сократить издержки по изготовлению и быстро осуществить экспериментальную проверку режимов работы. Прежде, чем приступить к обоснованию оптимизации нового конструктивного исполнения, отметим, что ещё в мае 2017 года в АНО «НТИЦ «Техком» были разработаны электрические схемы, а также топология двух отдельных плат, которые обеспечивали функции радио-модуля при использовании программы в ПЛИС. Здесь осуществлялась обработка сигнала при приёме в режиме BPSK (фазовая манипуляция) информации в 38 Мбит/сек, с учётом доплеровского смещения частоты и передачей сигнала в 38 Мбит/сек. Топология размещения радиоэлементов на этих двух платах приведена на рисунке 1 и 2.

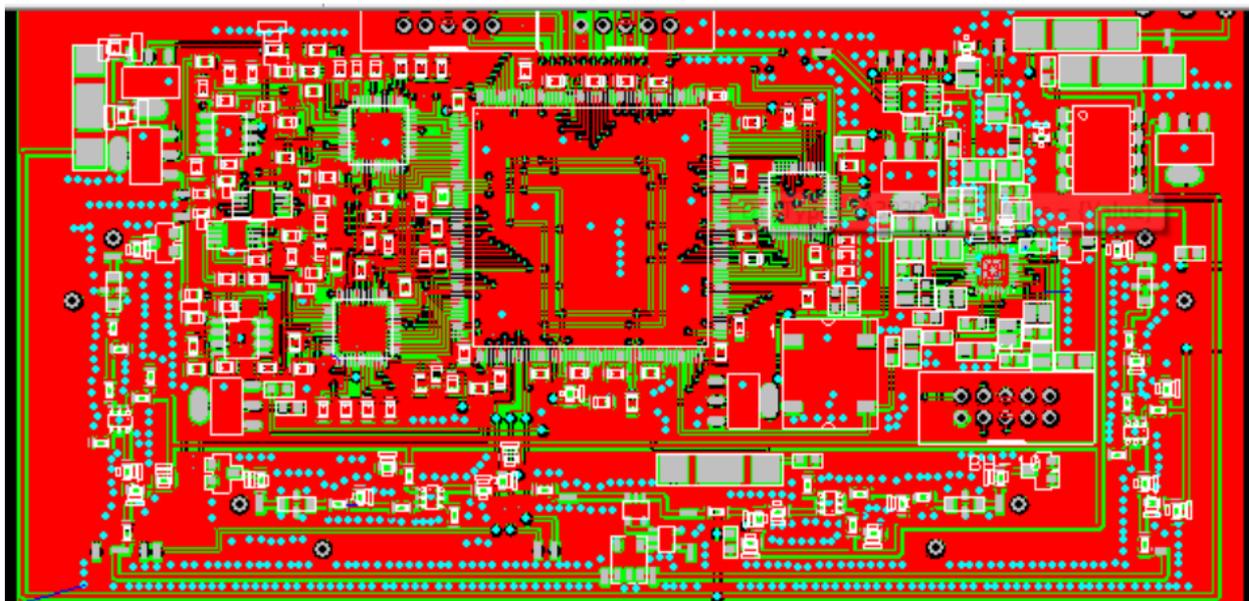


Рис. 1. Топология первой платы с дифференциальными усилителями перед АЦП, ПЛИС, наличием синтезатора частот, ЦАП, четырёх МШУ, делителем частоты на четыре и кварцевым генератором

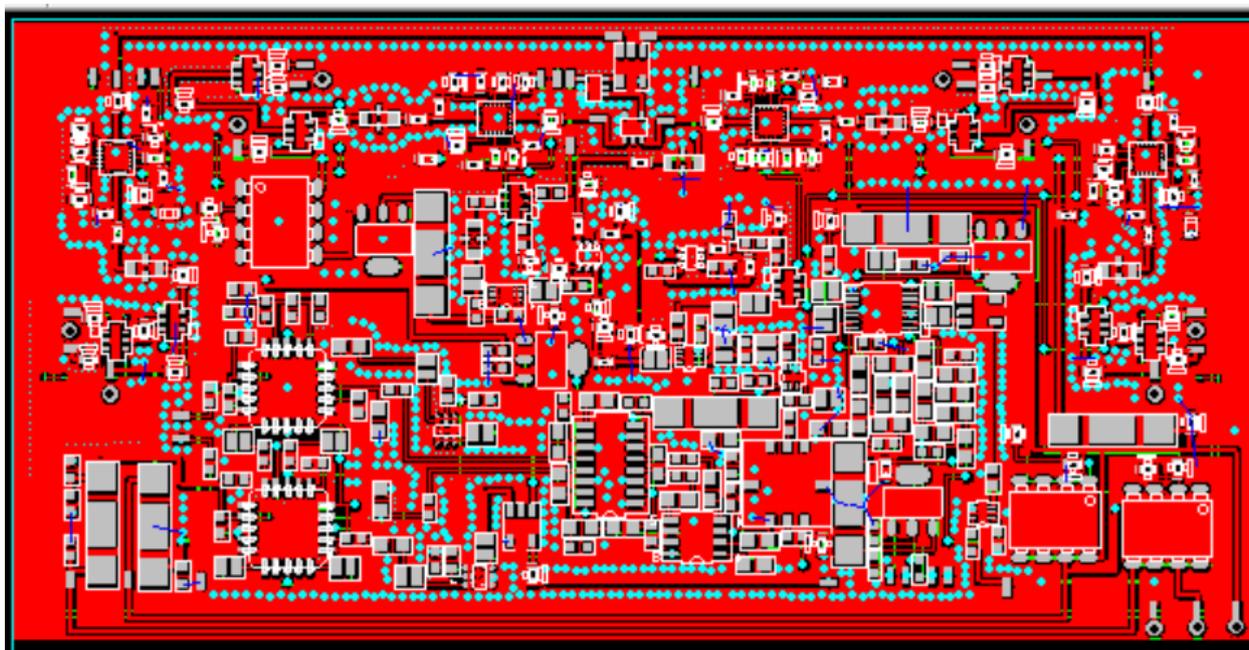


Рис. 2. Вторая плата аналоговой части приёмо-передатчика с размещением 4-х усилителей мощности (УМ), балансным модулятором, демодулятором, смесителем, логарифмическим усилителем, делителем частоты на 2

На основе электрических схем и топологии были изготовлены два экспериментальных образца радио-модуля по идее новой оптимизированной конструкции с учётом

радиоэлементов ширпотреба и были проведены испытания. При этом размеры устройства по длине соответствовали величине в 14 см, а по ширине в 7 см (рисунок 3).

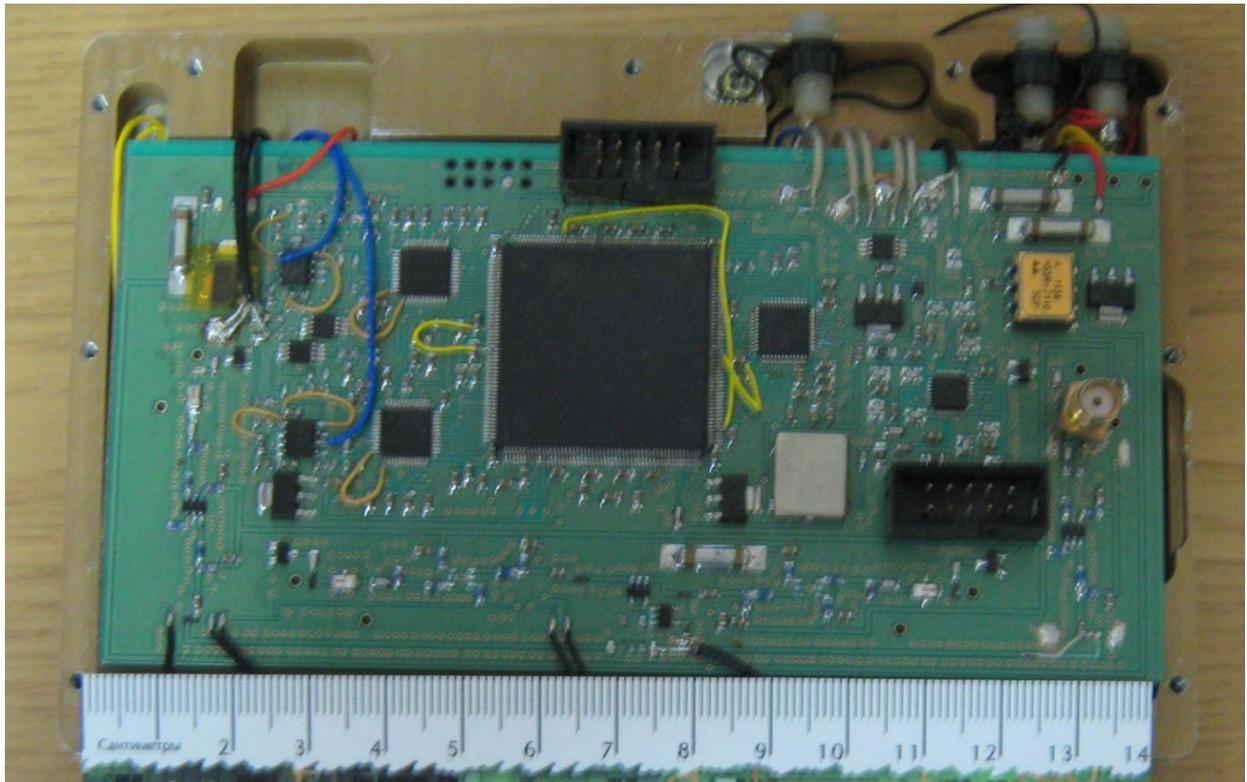


Рис. 3. Первый образец мобильного устройства

Проверка осуществлялась под протокол на рабочем месте, приведённом на рисунке 4.

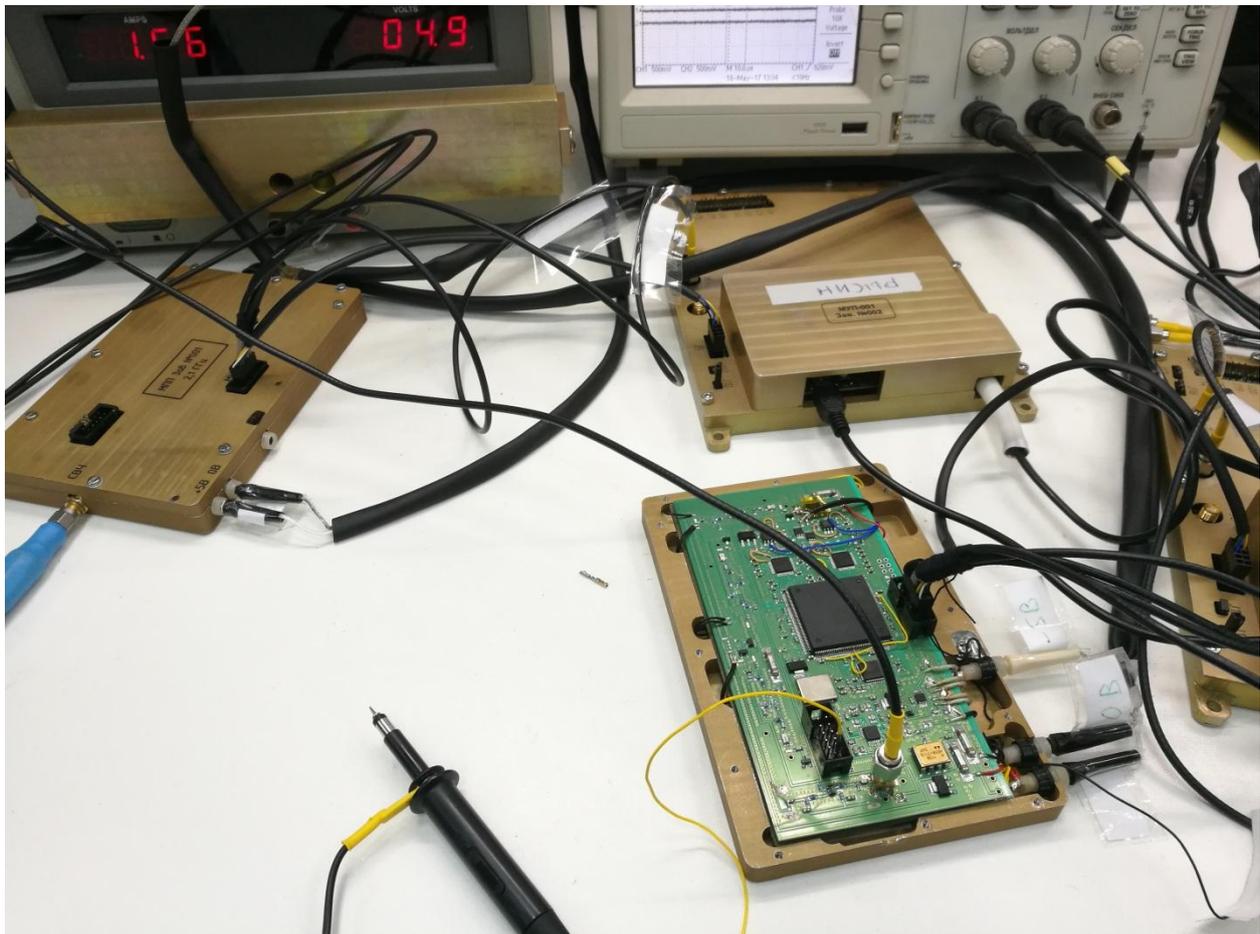


Рис. 4. Общий вид рабочего места

Испытания проводились на выделение смещения частот по Доплеру и на приём сигналов информации типа BPSK (фазо-кодо-манипулированный сигнал) в 38 Мбит/сек. На рисунке 5

показано выделение частоты смещения по Доплеру в 10 кГц при уровне сигнала на одном из 4-х входов приёмника в минус 86 дБм.

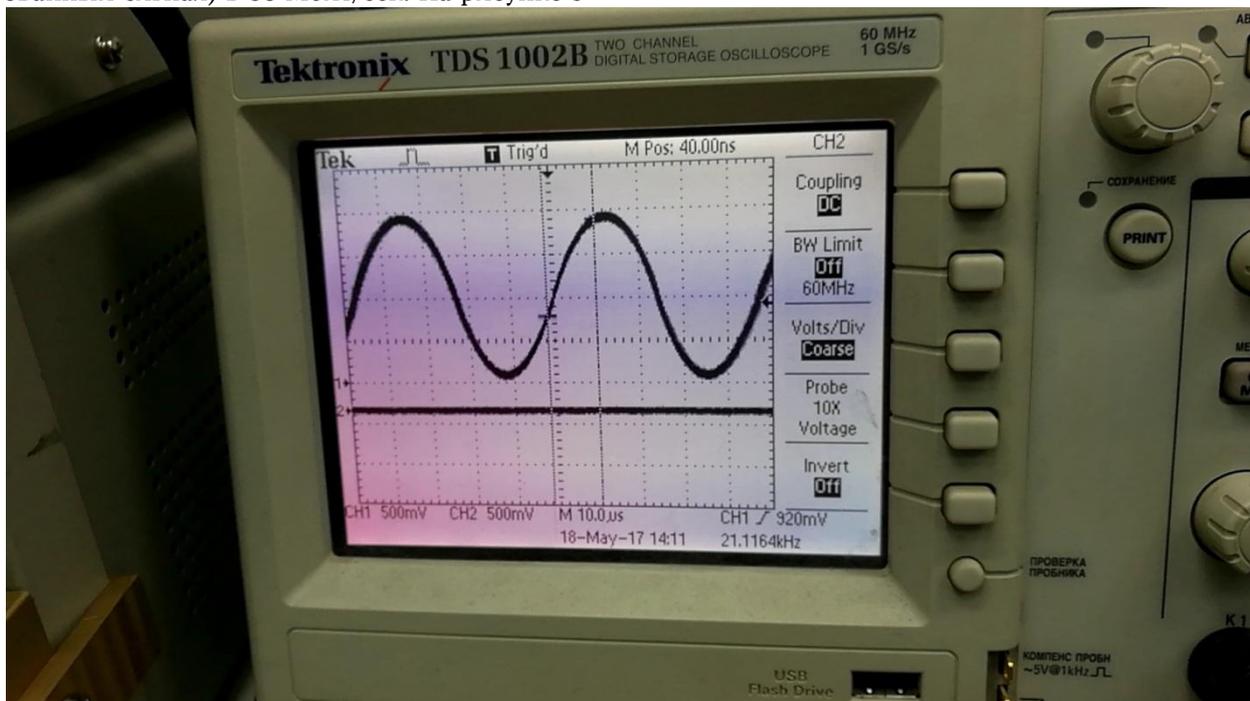


Рис. 5. Выделенная частота доплеровского смещения при приеме на уровне сигнала на входе минус 86 дБм

На рисунке 6 отображён принимаемый сигнал с учётом смещения по частоте Доплера при минус 86 дБм.

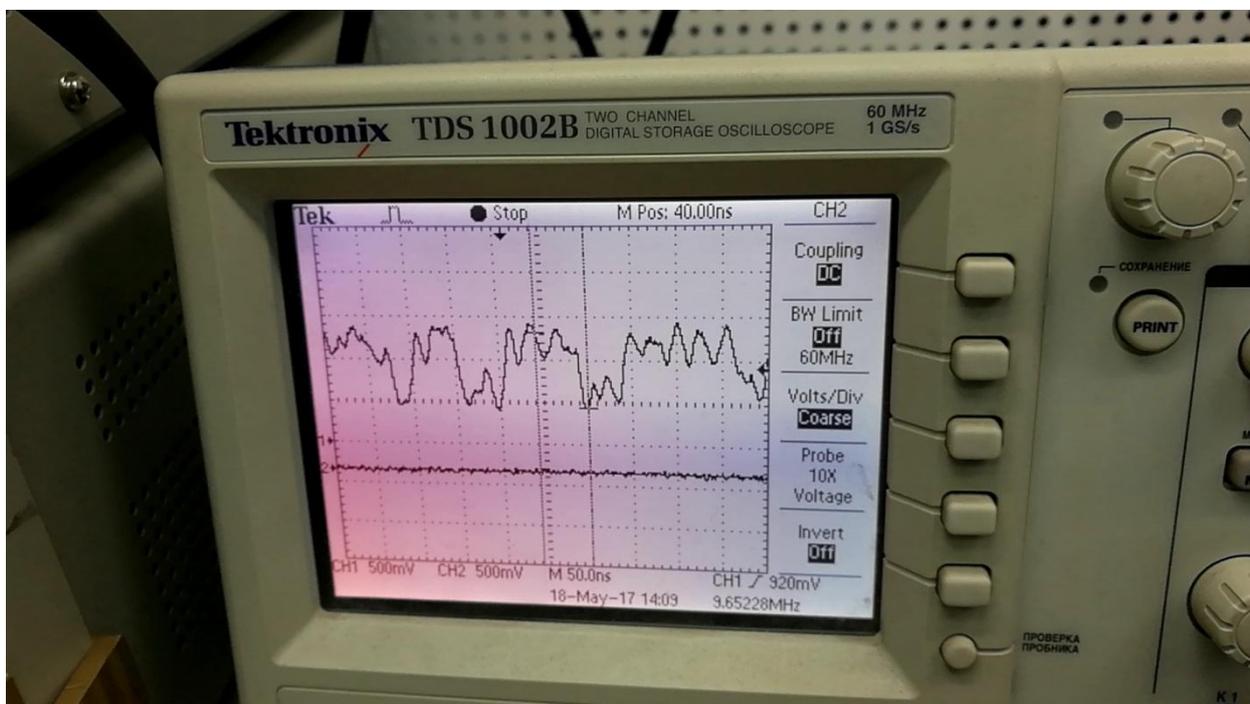


Рис. 6. Принимаемый сигнал BPSK в 38 Мбит/сек с учётом смещения по частоте Доплера при минус 86 дБм по одному входу МШУ

На рисунке 7 отображены результаты принятия изображения.

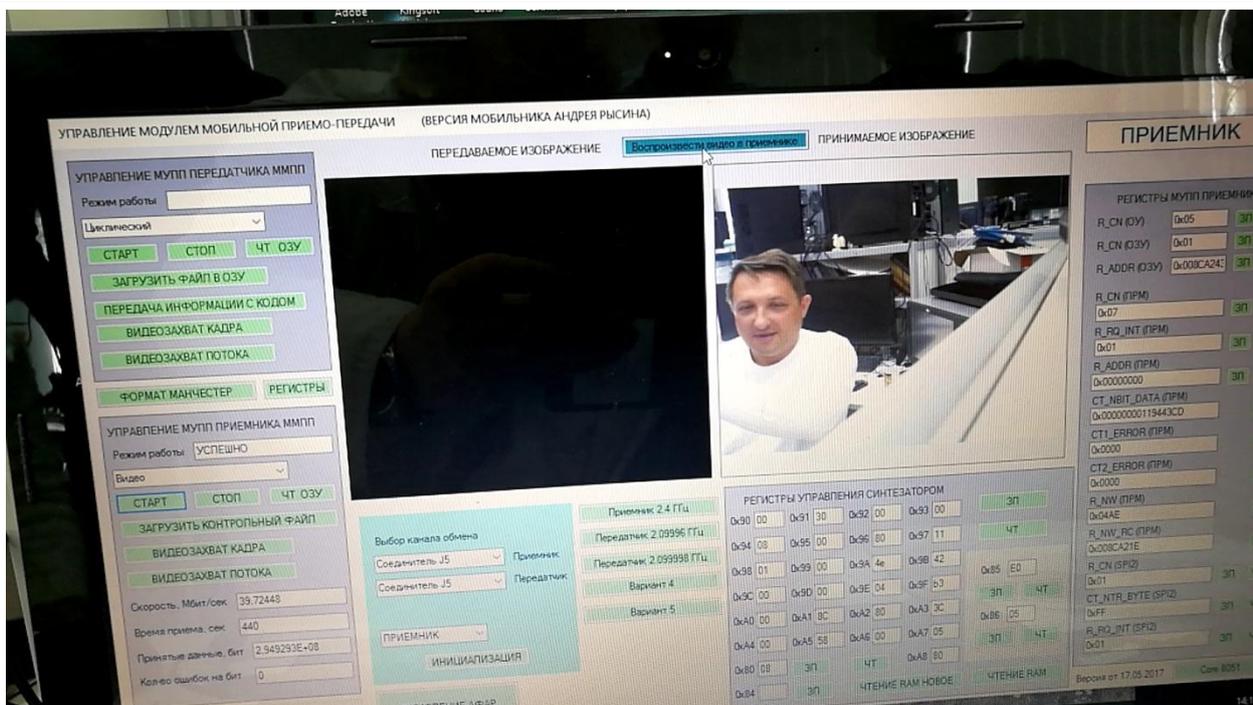


Рис. 7. Результаты принятия изображения с учётом смещения по частоте Доплера в 10 кГц

Однако данное техническое решение не нашло поддержки, и не были даже выделены деньги на продолжение работ, а фирма подверглась разорению с изъятием помещений и измерительной аппаратуры. На сколько такое многофункциональное устройство для связи было перспективно и важно стало понятно только сейчас с проведением специальной военной операции (СВО), когда на основании санкций Россию лишили возможности покупать аналогичную зарубежную аппаратуру. При этом эта зарубежная аппаратура не позволяла обеспечить помехозащищённость, так как имеет вполне однозначные алгоритмы работы. Действительно, так как одной из функций БПЛА является необходимость обеспечения надёжной и скрытной связи на театре военных действий (ТВД) для войсковых подразделений в условиях помех, то предлагаемый радио-модуль, на основе вшиваемых в ПЛИС программ, мог быть использован для обеспечения радиоуправления БПЛА в сочетании с возможностью применения для обычной мобильной, спутниковой связи и Интернет и также в целях гражданского потребления. В принципе на основе предлагаемого радио-модуля можно формировать и активные фазированные решётки (АФАР).

И сейчас предлагаемый радио-модуль опережает по характеристикам существующую

аналогичную аппаратуру по программному обеспечению и радиотехническим параметрам, о чём можно судить из сравнения, которое мы сделали в [1-4]. Далее мы покажем, что предлагаемый радио-модуль является наиболее оптимизированным по конструкции по сравнению с известными аналогичными устройствами, и именно такая конструкция обеспечивает дополнительные возможности по помехозащищённости и многофункциональности.

Понятно, что тенденция дальнейшего развития мобильных устройств связи связана с повышением чувствительности и мощности радио-модулей, а также микроминиатюризацией. При этом, при обеспечении оптимальной обработки сигнала, чувствительность приёмного тракта сильно зависит от температуры нагрева первого маломощного усилителя (МШУ), и это противоречит возможности повышать передаваемую мощность в усилителе мощности (УМ) из-за нагрева при близком расположении к МШУ. Поэтому первое требование касается того, что желательно располагать МШУ подальше от усилителя мощности (УМ) передающего тракта и других устройств, имеющих сильный нагрев. Однако, на современном этапе конструктивное исполнение по функциональной схеме по рисунку 8 не позволяет это сделать.

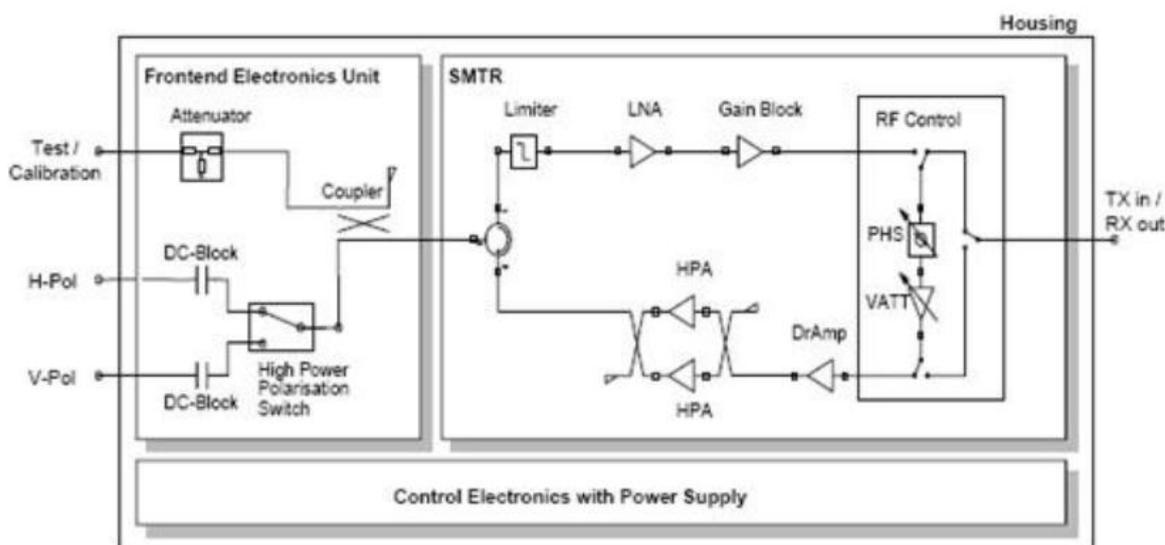


Рис. 8. Функциональная схема приёмно-передающего модуля для АФАР X диапазона

Из вида конкретного СВЧ модуля, который показан на рисунке 9 мы имеем достаточно близкое расположение приёмного

маломощного усилителя (МШУ) с усилителем мощности (УМ), передающим сигнал информации.



Рис. 9. СВЧ модуль X-диапазона

Кроме того известно, что отношение сигнал/шум можно повысить конструктивно за счёт увеличения площади приёмной антенны. Однако, это связано одновременно и с повышением коэффициента направленного действия (КНД), а это противоречит требованию обеспечения всенаправленного приёма. При этом растут и размеры антенны. Поэтому здесь необходим поиск компромисса, когда достигается оптимум между размерами антенны с соответствующим КНД и приёмом сигнала со всех

направлений. Учитывая, что в первоначальный момент вхождения в связь может использоваться кодовый сигнал с накоплением до десятков тысяч бит как, например, в системе навигации GPS, а далее, с учётом навигационных значений, антенна может быть выставлена по максимуму в нужном направлении, то логично искать вариант получения более больших размеров площади антенны, исходя из площади поверхности применяемых мобильных радиоприёмных устройств ширпотреб, с учётом используемых

несущих частот радиосигнала. Массовый потребитель сейчас использует смартфоны для связи и Интернет, например, Galaxy S22 имеет экран по диагонали 6,1 дюйма (15,5 см) / 146x70,6x7,6 мм, а размеры Samsung Galaxy A51 имеют в ширину 73.6 мм, в длину 158.5 мм и

толщиной 7,9 мм. При этом, исходя из требований по Интернет, идёт смещение применения несущих частот в область более высоких значений. Например, диапазон частот, используемый для мобильной связи известными операторами представлен в таблице.

Таблица

Несущие частоты и диапазоны известных операторов

Оператор	Режим	Диапазон (band)	Частоты, МГц
Скартел	FDD	7	2500—2530 / 2620—2650
МегаФон	FDD	20	847—854,5 / 806—813,5
	FDD	7	2530—2540 / 2650—2660
ВымпелКом	TDD	38	2570—2595
	FDD	20	854,5-862 / 813,5-821
МТС	FDD	7	2550—2560 / 2670—2680
	FDD	20	839,5-847 / 798,5—806
	FDD	7	2540—2550 / 2660—2670
Ростелеком	TDD	38	2595—2620
	FDD	20	832—839,5 / 791—798,5
Основа Телеком	FDD	7	2560—2570 / 2680—2690
	TDD	40	2300—2400

Из таблицы мы видим, что диапазон используемых несущих частот предоставленных ГКРЧ лежит в пределах от 2,3 ГГц до 2,7 ГГц, а это означает перспективу от использования патч-антенн, которые в этом случае вписываются в размеры смартфонов.

Соответственно мы должны провести сравнение по габаритам нашего предлагаемого конструктивного решения радио-модуля с известными аналогами. Так, известен радио-модуль TRX-8D, который предполагается запустить в серийное производство, и он показан на рисунке 10.



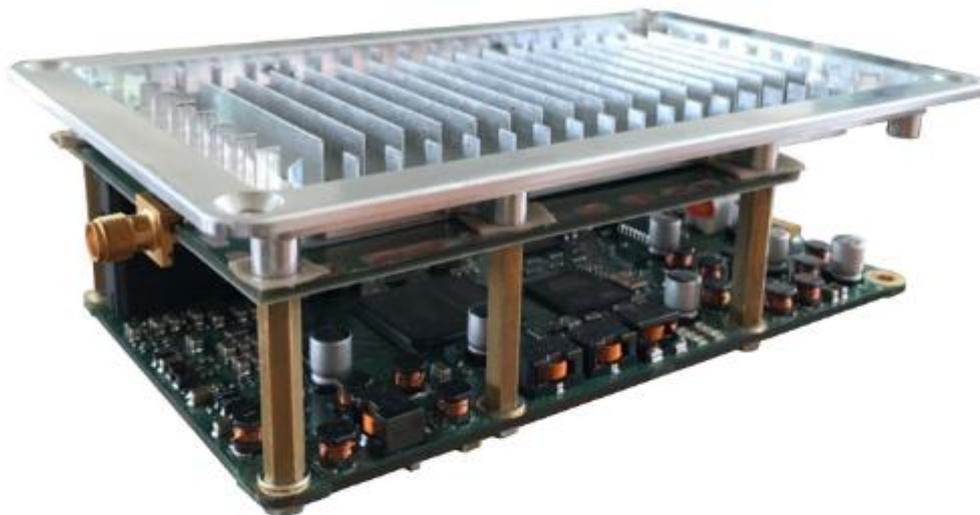
Произведены доработки в системе канального кодирования сигналов, благодаря чему увеличилась скорость передачи данных системы связи TRX-8D до 50 Мбит/с.

Рис. 10. Широкополосная система связи с диапазоном несущих частот от 30 МГц до 2,5 ГГц (литера 1) с полосой пропускания от 5 МГц до 80 МГц при мощности передатчика от 0,01 Вт до 5 Вт

С учётом литеров 1,2 и 3 эта система связи может иметь диапазон несущих частот от 30 МГц до 12 ГГц, что требует для противодействия наличия широкополосной помехи в этом диапазоне частот. По высоте здесь используется «трёхэтажная» конструкция из плат с вентиляторами и радиатором охлаждения. Вес

устройства порядка 300 г и размеры 160 мм×60 мм×35 мм.

Одновременно известен радио-модуль БПЛА на малых дальностях в диапазоне частот от 3,4 ГГц до 3,6 ГГц в устройстве с управлением E2E4 KHUKRI STEALTH по рисунку 11.



Размер, включая радио-модуль (мм): 140x80x40;
Вес (гр): 150;

Максимальная мощность (Вт): 0.3;
Диапазон частот (МГц): 3400-3600 полоса до 28 МГц
Временной дуплекс с изменяемым соотношением
восходящего и нисходящего трафика
Полоса частот (МГц): 7,14,28;
Чувствительность/скорость для полосы (МГц): 7;

ШПС = -105 дБм / 550 кбит в секунду
QPSK 1/2 = -88 дБм / 4500 кбит в секунду
QPSK 3/4 = -85 дБм / 6750 кбит в секунду
QAM16 1/2 = -81 дБм / 9000 кбит в секунду
QAM16 3/4 = -77 дБм / 13500 кбит в секунду
QAM64 2/3 = -73 дБм / 18000 кбит в секунду

Рис. 11. Используемый радио-модуль для передачи информации в БПЛА малой дальности

Это устройство также требует радиатор охлаждения, и его габариты 140×80×40 мм также превосходят габариты предлагаемого радио-модуля, как это будет видно в дальнейшем. Мало того, приведённые аналоги для использования в БПЛА не могут применяться в целях связи для гражданского использования, и при этом рассмотрены без антенн. Отсюда полагаем, что при учёте возможности многофункционального применения

конструктивное решение предлагаемого радио-модуля должно соответствовать размерам смартфонов с габаритами порядка 150 мм × 75 мм × 9 мм. Известно, что для нового стандарта мобильной связи 5G для смартфонов европейские регуляторы определили полосу 3,4–3,8 ГГц. При этом, самая популярная частота, используемая современной аппаратурой радиопередачи – это 2,4 ГГц. Более низкие частоты доступны в метровом диапазоне, например, 27

МГц, 72 МГц, 433 МГц, 900 МГц или даже 1,3 ГГц, но они редко используются для квадрокоптеров. Таким образом, несущие частоты для смартфонов лежат в пределах от 2 ГГц до 4 ГГц. Кроме того, госкомиссия по радиочастотам (ГКРЧ) приняла решение о распределении частот 5030-5091 МГц для управления

беспилотниками. Отсюда также следует вывод, что для обеспечения максимальной площади антенны с высоким КНД при наличии размеров радио-модуля по длине и ширине 150 мм × 75 мм наиболее оптимальным является вариант использования патч-антенн полоскового типа по рисунку 12.

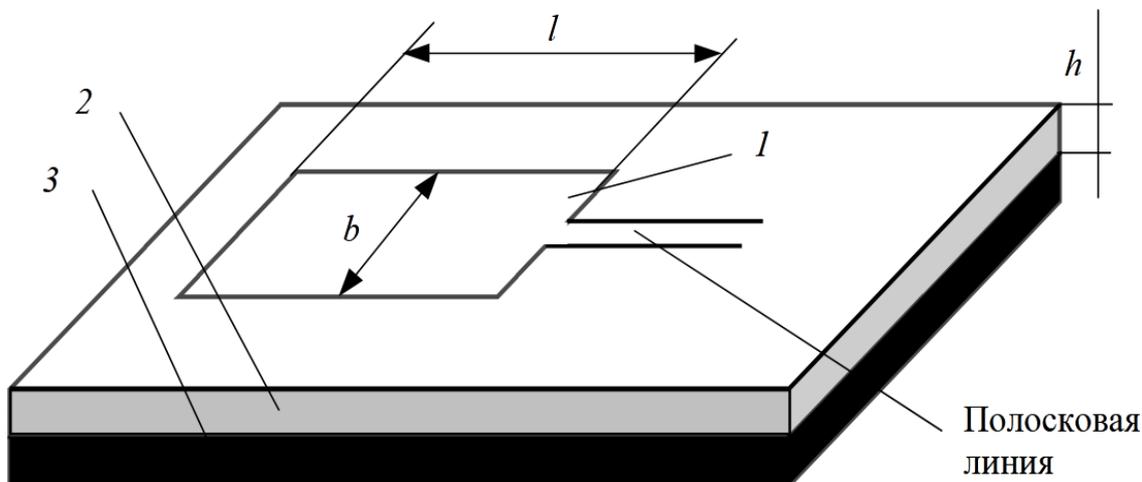


Рис. 12. Патч с линейной поляризацией

Здесь введены следующие обозначения: 1 – ленточный проводник; 2 – диэлектрический слой высотой h ; 3 – проводящая подложка; $l=b=\lambda/2$ – половина излучаемой длины волны в диэлектрике.

Данной патч-антенне соответствует диаграмма направленности, представленная на рисунке 13.

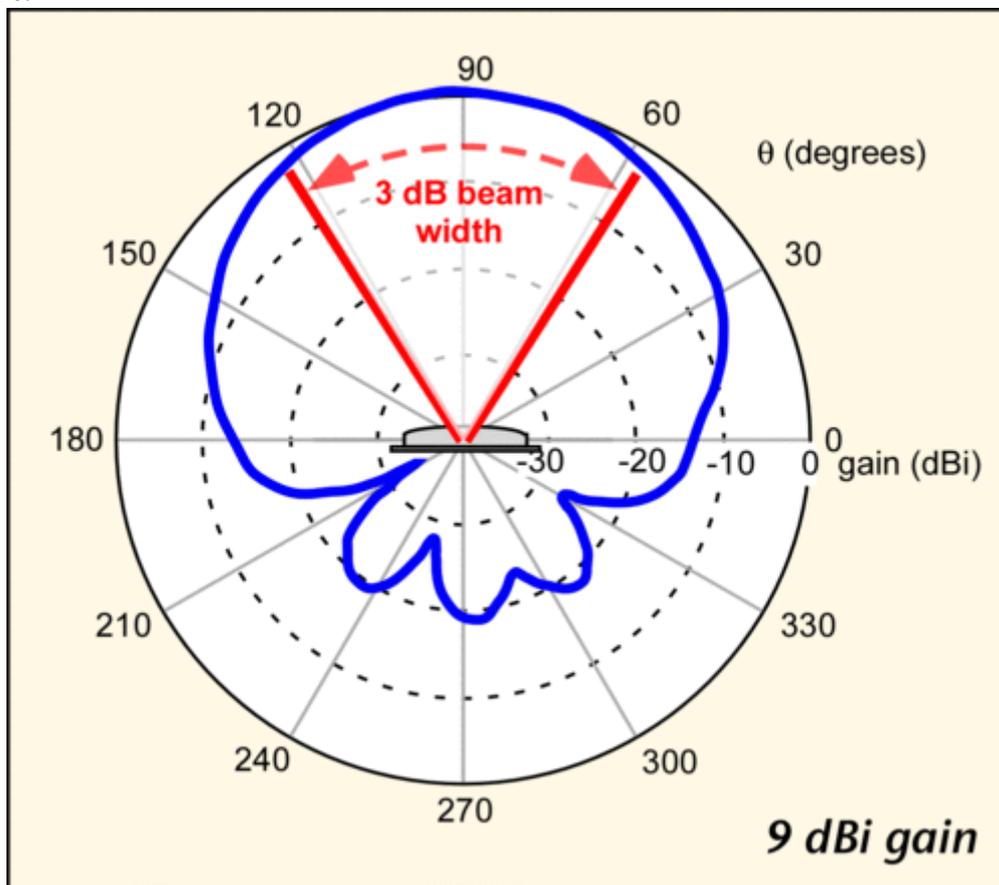


Рис. 13. Диаграмма направленности одного патча

Учитывая прямоугольные размеры как радио-модулей БПЛА, так и смартфонов при компактном объединении радиоустройства с антенной с получением лучших параметров по коэффициенту усиления, наиболее оптимальным будет вариант антенны из двух патч. Кроме того, при прямоугольной форме

предлагаемого оптимального радио-модуля, желательно размещение двух патч непосредственно на плоскости устройства, что исключает необходимость дополнительных СВЧ кабелей с местами подсоединения к патч, как это показано на рисунке 14.

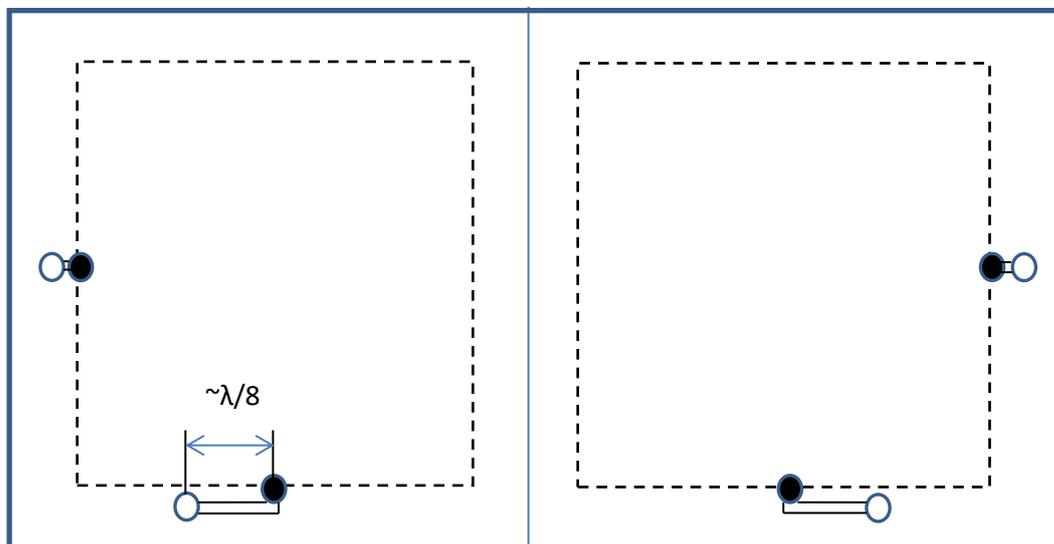


Рис. 14. Размещение патч с учётом соединений металлической поверхности полосковой антенны (контур обозначен штриховой линией) с подводкой через шлейфы от разъёма СВЧ типа защёлки с другой стороны многослойной печатной платы (место расположения разъёмов обозначено кружками без заливки черным цветом)

Отсюда, например, по сравнению с антенной мобильного устройства для системы космической связи типа Iridium (-3 дБ) предлагаемый вариант уже имеем выигрыш в коэффициенте направленного действия на 12 дБ (3 дБ+9 дБ), что видно по КНД для одной патч из рисунка 13. Повторим, что для аналогов, представленных на рисунках 10 и 11 антенны вообще не представлены и видимо являются отдельными устройствами, что исключает их применение в качестве мобильных устройств широкого применения.

В то же время, для обеспечения многофункциональности, а также обеспечения помехозащищённости в патч антенне желательно использовать вертикальную, горизонтальную поляризацию, а также круговую поляризацию,

как левую, так и правую, что собственно и реализуется за счёт применения квадратного патч с подводом сигнала с двух перпендикулярных сторон. При этом подвод сигнала по горизонтали к двум патч осуществляется с противоположных сторон, а по вертикали с одной стороны как показано на рисунке 14. Это связано с тем, что использование 4-х мест подвода сигналов к двум патч определяет и использование 4-х приёмных маломощных усилителей (МШУ) и 4-х усилителей мощности (УМ) и данное соединение с патч обеспечивает симметрию размещения усилителей как показано на рисунке 15 с минимальным расстоянием от мест подсоединения к патч, что обеспечит минимальные потери.

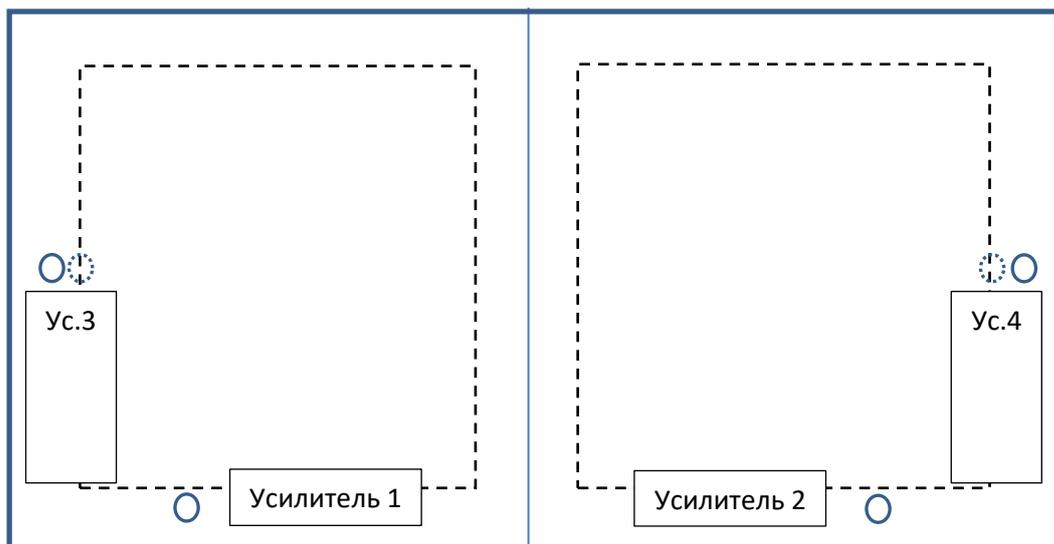


Рис. 15. Размещение входных МШУ и УМ на платах предлагаемого мобильного устройства с подключением к патч

Одновременно, так как предполагается использовать в качестве патч-антенны многослойную печатную плату, то в этом случае есть возможность обеспечить перед подводкой

сигнала к патч наличие согласующих полосковых фильтров, на соответствующем слое многослойной печатной платы с патч-антенной, как это показано на рисунке 16.

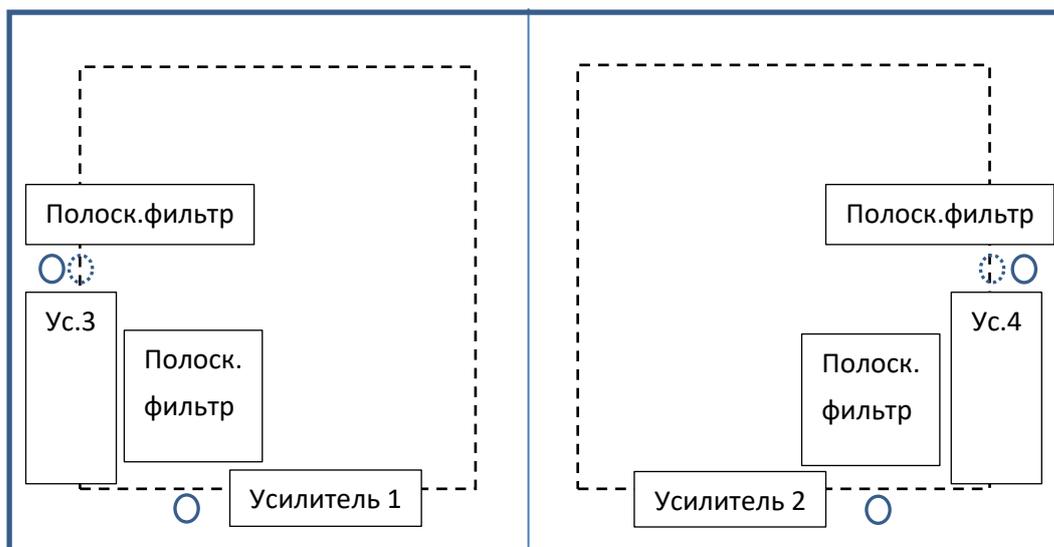


Рис. 16. Предполагаемое размещение полосковых фильтров на многослойной печатной плате патч-антенны

Однако на рисунке 16 мы показали расположение на плате либо входных МШУ, либо усилителей мощности (УМ). Сделать конструктивное параллельное расположение как МШУ, так и УМ возможно на обратной стороне многослойной печатной платы, однако при этом нагрев УМ через плату будет влиять на чувствительность МШУ. Поэтому конструктивное расположение МШУ и УМ желательно делать по-прежнему друг от друга, чтобы нагрев УМ не

влиять на МШУ, но так как подсоединения к патч УМ и МШУ одно и то же, то это требует увеличение расстояния от места подключения патч с наличием соответствующих потерь. Поэтому предлагается новое конструктивное решение, когда МШУ и УМ располагаются на разных платах с обеспечением между ними некоторого воздушного зазора (по аналогии расположения плат через стойки (их роль играют винты с гайкой) на рисунках 10 и 11). При этом

подсоединение СВЧ входа-выхода осуществляется через СВЧ-разъём типа защёлка MBX, например, по рисунку 17 с минимальным

расстоянием между платами 6,7 мм при хорошем варианте совпадения осей соединений.

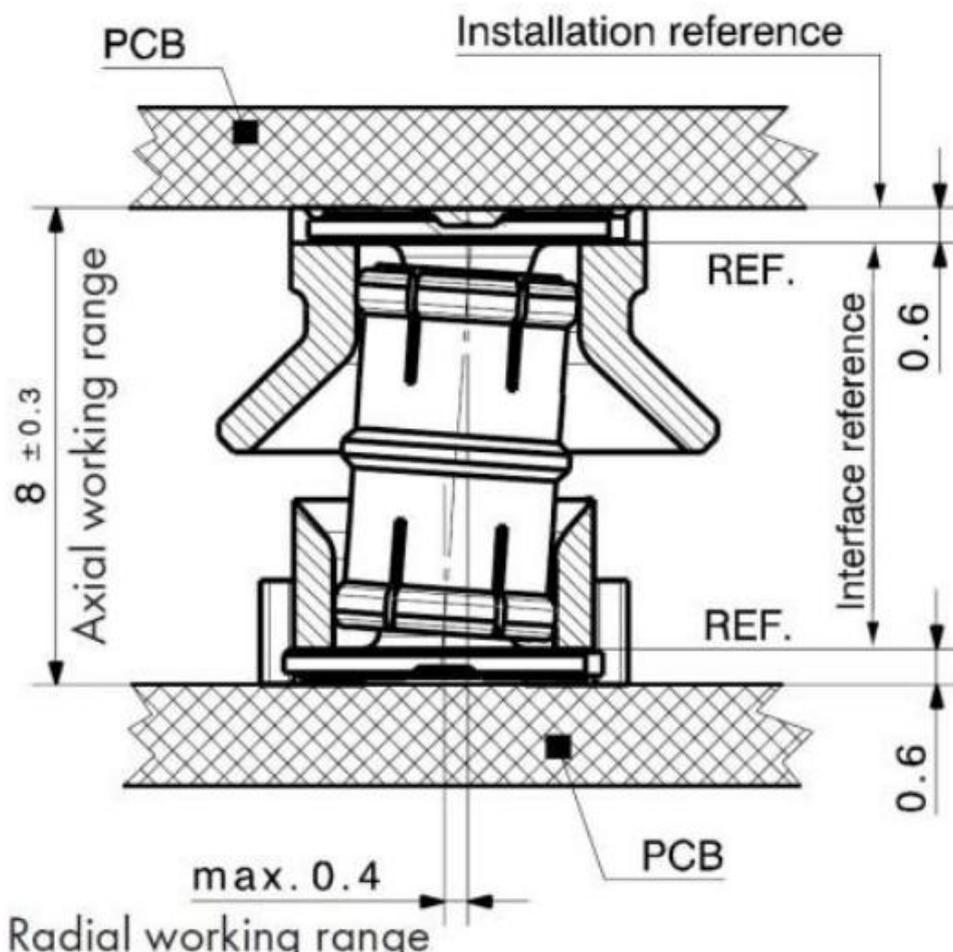


Рис. 17. СВЧ разъём типа «защёлка» с бочонком и с размерами при наличии при максимально плохом совпадении осей соединений, что и даёт расстояние между платами в 8,3 мм

Отсюда мы имеем расположение двух плат одна над другой с соединением их между собой на основе 4-х СВЧ разъёмов типа «защёлка» и остальные соединения между платами могут осуществляться короткими гибкими СВЧ проводниками, которые припаиваются одним концом к нижней стороне многослойной печатной платы патч-антенны, а другой конец через отверстие во второй многослойной печатной плате припаивается также к контактным площадкам со стороны противоположной к

расположению патч-антенны. При использовании только гибких СВЧ соединений мы можем сократить воздушный зазор между многослойными платами вплоть до высоты максимального размера применяемых радиоэлементов. В предлагаемой конструкции это трансформатор ETC1-1-13, который имеет высоту в 3 мм и ключ питания HSSR-7110 с высотой 3,8 мм. Отсюда мы имеем двухэтажную конструкцию многослойных печатных плат, которая показана на рисунке 18.

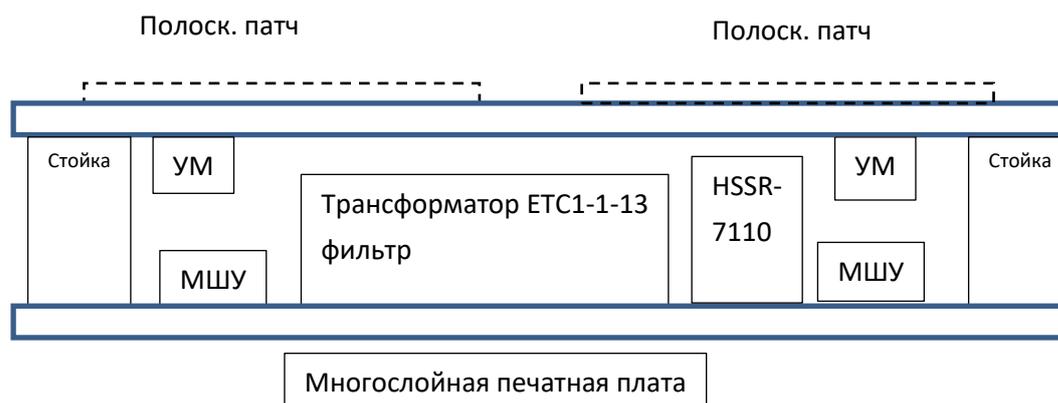


Рис. 18. Вид предлагаемой конструкции радио-модуля сбоку

Надо отметить, что толщина многослойной печатной платы в 6 слоёв может иметь размеры от 0,7874 мм до 3,175 мм. Стандартная толщина объединения для многослойных печатных плат составляет 1,55 мм.

Для определения размера зазора между металлической пластиной патч с металлической поверхностью соответствующей «земле» надо учесть, что ограничение сигналов по спектру поступающих на антенны определяется полосой пропускания антенны. Как известно патч-антенна простейшей конструкции узкополосная (<5%) [5], но специальные технические решения позволяют расширить рабочую полосу частот до 50% и более или строить многодиапазонные антенны. Ширина полосы пропускания патч-антенны сильно зависит от расстояния между лепестком и металлической поверхностью играющей роль «земли». Чем ближе лепесток к «земле», тем меньше энергии излучается и больше запасается в ёмкости и индуктивности и тем выше добротность антенны. Грубо полосу пропускания антенны можно оценить по формуле:

$$\delta f / f_{res} = Z_0 \times d / (2 \times R_{rad} \times W). \quad (1)$$

где d – расстояние от лепестка до земли, W – ширина лепестка (обычно половина длины волны), Z_0 – импеданс воздушного промежутка между лепестком и землёй, R_{rad} – сопротивление излучения антенны, Относительная полоса пропускания антенны линейно зависит от её толщины. Характерное значение импеданса воздушного промежутка 377 Ом, а сопротивление излучения 150 Ом, что позволяет упростить формулу:

$$\delta f / f_{res} = 1,2 \times d / W. \quad (2)$$

Исходя из наиболее применяемой частоты для квадрокоптеров в районе 2,4 ГГц мы будем иметь квадратный лепесток со стороной квадрата $W=6,25$ см.

Далее мы исходим из того, что полоса пропускания антенны может фактически выполнять функцию ограничения принимаемых сигналов, как это делают на входе приёмника известные используемые фильтры ширпотреб на несущей частоте. Собственно это позволяет не использовать фильтр с такой полосой пропускания на входе, и удаление нежелательных радиосигналов будет выполняться автоматически без потерь на затухание в фильтре. Так, например, фильтр BFCN-2360+ с полосой 2250-2470 МГц даёт затухание входного сигнала в 2 дБ. При этом полоса пропускания фильтра составляет 220 МГц. Это означает необходимость ширины полосы пропускания антенны 9,167 %. В этом случае воздушный зазор между металлическим элементом патч и «землёй» составит толщину антенны в $d=0,477$ см. Понятно, что зазор по толщине можно уменьшить с переходом на более высокие несущие частоты или с использованием диэлектрического наполнителя. Однако, если исходить из требований госкомиссии по радиочастотам (ГКРЧ), то из таблицы 1 видно, что допустимая разрешённая полоса составляет 40 МГц, а для управления беспилотниками ГКРЧ приняла решение о распределении частот 5030-5091 МГц, что даёт полосу в 61 МГц. Отсюда, при полосе пропускания антенны на патч в 50 МГц, мы будем иметь при несущей частоте в 2400 МГц воздушный зазор между металлической пластиной патч и металлической пластиной, выполняющей функцию «земля» $d=1,04$ мм. Надо отметить, что отказываться от входного фильтра в предлагаемой конструкции не стоит, так как его можно выполнить на отрезках полосковых линий при использовании многослойной печатной платы для патч-антенны. Использование полосковых линий позволит также улучшить характеристики по согласованию с входными

малозумящими усилителями (МШУ) для минимизации коэффициента стоячих волн (КСВ). Следовательно, при полосе пропускания в 50 МГц на несущей частоте в 2400 МГц мы имеем минимальную общую толщину предлагаемой конструкции 1,04 мм (воздушный зазор в патч)+ 2×1,55 мм (толщина платы)+3,8 мм (высота ключа питания)=7,95 мм. Отсюда общие габаритные размеры предлагаемой конструкции 140 мм×70 мм×7,95 мм. Учитывая зазор в 3,8 мм, то в целях улучшения теплоотдачи между платами с радио элементами можно использовать два радиатора: один на верхнюю плату для улучшения теплоотдачи от УМ, а второй – на нижнюю плату с обеспечением лучшей теплоотдачи от АЦП, ПЛИС и ЦАП. Понятно, что в радиаторах предусматриваются вырезы или выемки для ETC1-1-13 и HSSR-7110, а также и других радиоэлементов, которые по высоте превосходят радиоэлементы с теплоотдачей. Для лучшего соприкосновения радиаторов с поверхностью элементов с высоким нагревом между радиаторами устанавливаются пружинящая металлическая пластина. Стойки, обеспечивающие расстояние между многослойными печатными платами можно выполнить в виде винта с конусообразной шляпкой с полным её вхождением в многослойную печатную плату. Гайка также может

быть впрессована в многослойную печатную плату. Как мы отмечали ранее, размеры смартфона Samsung Galaxy A51 имеют в длину 158.5 мм, в ширину 73.6 мм и толщину 7,9 мм. Это означает, что у нас по длине и ширине ещё есть место на платах для размещения радиоэлементов связи через Wi-Fi, или иным способом, с другими устройствами. При этом нет необходимости подносить наше предлагаемое устройство к уху при разговоре, достаточно использовать его для приёма и передачи сигнала через отдельный аксессуар в виде беспроводных наушников и микрофона, например при космической связи, так как мощность в 4 Вт даже в импульсе может привести к раковым опухолям мозга. Отметим, в космической системе связи Iridium в его мобильном устройстве используется мощность в импульсе в 7 Вт. Собственно уже сейчас большинство пользователей используют аксессуар в виде беспроводных наушников и микрофона, так как это исключает влияние внешнего шума.

Так как в [1, 2] мы установили, что оптимальный поток информации должен быть порядка 38 - 50 Мбит/сек, то минимальная чувствительность приёмника при полосе $F_{\text{прм}}=50$ МГц, коэффициенте шума $N_{\text{ш}}=5$ дБ (3,16), температуре $T=600^\circ\text{K}$, вероятности ошибки на уровне 10^{-7} при $q=27$, вычисляется по формуле:

$$P_{\text{прм}} = kN_{\text{ш}}TqF_{\text{прм}} = 1.38 \times 10^{-23} \times 3,16 \times 600 \times 27 \times 50 \times 10^6 = 1,30824 \times 10^{-23} \times 10^{11} = 3,52248 \times 10^{-11}\text{Вт} (-74,5\text{дБм}) \quad (3)$$

Однако этот результат связан с наличием конструктивного решения с одним входным МШУ. В нашем случае при использовании круговой поляризации и двух патч мы имеем 4 входных МШУ. С учётом того, что входящий сигнал даёт когерентное сложение и усиление в 4 раза (N раз), а шумы дают сложение в 2 раза ($N^{1/2}$ раз), то мы имеем повышение чувствительности в 2 раза (3 дБ) за счёт конструктивного решения (минус 77,5 дБм). Практически это сравнимо с чувствительностью для сигнала QAM 16 $\frac{3}{4}$ (минус 77 дБм) при потоке информации 13,5 Мбит/сек по рисунку 11, но у нас поток информации 38 Мбит/сек. Если сделать пересчёт на тот же поток информации, то у нас есть выигрыш по чувствительности на 5 дБ. Это означает, что использование режима QAM значительно ухудшает чувствительность по сравнению с режимом BPSK, хотя и позволяет сузить полосу пропускания. Однако для обычного сигнала QPSK по рисунку 11 мы теряем преимущество нашего сигнала BPSK по

чувствительности при той же скорости передачи. Так по рисунку 11 для QPSK мы имеем чувствительность в минус 88 дБм при скорости передачи 4,5 Мбит/сек, у нас такая же скорость передачи по формуле (2) даёт чувствительность минус 87,96 дБм. Иными словами получается, что обычный режим QPSK по рисунку 11 относительно нашего варианта даёт преимущество по сравнению с режимом BPSK, если исходить из сравнения по одинаковому потоку информации и при этом имеет более узкую полосу пропускания. Понятно, что элементарная логика говорит о том, что использование обычного режима QPSK позволяет сузить полосу пропускания по сравнению с режимом BPSK в 2 раза, но при этом и чувствительность ухудшится в 2 раза, а это означает, что измерения чувствительности по рисунку 11 проводились при других значениях вероятности ошибки, коэффициенте шума и температуре. Это видно по формуле (2) для анализа чувствительности при сигнале ШПС по рисунку 11, которая при

потоке информации в 0,55 Мбит/сек составляет минус 105 дБм, в то время как по формуле (2) она может быть не более минус 94,1 дБм.

Дальнейшую оптимизацию конструктивного решения мы будем проводить с упором на реально достижимые характеристики элементной базы в силу того, что есть ограничения по полосе пропускания, потерям, усилению, чувствительности, мощности и т.д. Так для когерентного суммирования сигналов от МШУ в диапазоне 2,4 ГГц в качестве МШУ может использоваться МААL-007304 с полосой от 0,5 до 3 ГГц, коэффициентом шума в 0,7 дБ и усилением в 24 дБ на частоте в 2,4 ГГц. При этом для двух МШУ подключаемых с противоположных сторон к каждой из двух соответствующих патч, мы должны обеспечить когерентное сложение за счёт использования сигналов в противофазе от трансформатора ETC1-1-13 (диапазон от 4,5 МГц до 3 ГГц и трансформатор даёт потери в диапазоне 2-3 ГГц в 3,5 дБ). Для двух МШУ расположенных с одной стороны двух патч мы используем сумматор DS52-0007 (он имеет диапазон от 2,2 ГГц до 2,5 ГГц и затухание в 1,1 дБ). Для обеспечения как правой, так и левой поляризации можно использовать фазовращатель на основе трансформатора ETC1-1-13 для изменения фазы на 180 градусов. С этой целью для переключения фазы используются ключи SKY13290-313LF с потерями на частотах 2 - 2,5 ГГц до 0,7 дБ. Далее для общего суммирования с сигналами двух других МШУ с подключением от двух противоположных сторон двух патч тоже используется сумматор DS52-0007. В итоге после первых МШУ мы имеем, после общего суммирования, потери в мощности сигнала на $2 \times 1,1 \text{ дБ} + 3,5 \text{ дБ} + 0,7 \text{ дБ} = 6,4 \text{ дБ}$ не считая потерь связанных с прохождением сигнала в полосковых линиях платы с учётом согласования. Фактически суммирование сигналов от 4-х МШУ с преимуществом сложения в 6 дБ (4 раза) теряется за счёт потерь связанных с наличием многофункционального использования для обеспечения вертикальной, горизонтальной и круговой поляризации, но влияние шумов из-за когерентного сложения после усиления в первых МШУ падает в 2 раза. Однако это без учёта того, что мы имеем преимущество в коэффициенте усиления антенны в 9 дБ из двух патч за счёт площади поверхности самих антенн и возможностью обеспечить повышение помехозащищённости за счёт смены поляризации. Потери также могут быть снижены, если использовать радиоэлементы

только используемого диапазона частот, что является задачей для изготовления в промышленности. Так как не имеет смысла в дальнейшем усиливать вместе с сигналом шумов вне полосы пропускания антенны, то необходимо ограничить влияние шумов и нежелательных сигналов помех вне полосы пропускания сигнала приходящей информации (собственно эта полоса уже имеет ограничение за счёт использования сумматоров DS52-0007 при диапазоне 2,2 ГГц-2,5 ГГц). В этом случае после суммирования сигналов от четырёх первичных МШУ можно дополнительно использовать фильтр (возможно более узкополосный, чем сумматор DS52-0007 для исключения влияния помех, например, по зеркальному каналу), что также даёт потери. В итоге, при использовании, например, фильтра BFCN-2360+ (диапазон 2250-2470 МГц) мы имеем общие потери с фильтром в приёмном тракте до 8,4 дБ. Поэтому желательно суммарный радиосигнал, для компенсации потерь, усилить ещё одним МШУ. Соответственно, после этого, осуществляется перенос радиосигнала по частоте за счёт смесителя. При этом выбор смесителя существенно зависит от мощности гетеродинного сигнала. Так, например, известен смеситель несущих частот вниз μ PC2758TV с работой в полосе возможных частот от 0,1 ГГц до 2 ГГц, что конечно нас бы не устраивало, если бы не были указаны его характеристики вплоть до 2,5 ГГц. При этом изменения по параметрам незначительны и связаны с уменьшением коэффициента преобразования частоты. Так при частоте входного сигнала в 2,2 ГГц (частота входного сигнала превосходит частоту гетеродина), мощности гетеродинного сигнала в минус 15 дБм (рекомендованное значение от минус 15 дБм до 0 дБм) коэффициент преобразования будет порядка 10 дБ. С учётом ограничения из-за сумматора DS52-0007 при нижней его границе пропускания в 2200 МГц, мы будем иметь минимально возможную частоту входного принимаемого сигнала в 2200 МГц, а максимальная частота гетеродина при промежуточной частоте в 228-300 МГц (это вариант формирования второго гетеродинного сигнала от тактовой частоты ПЛИС) будет в пределах 1900 МГц-1972 МГц. Если исходить из того, что второй гетеродинный сигнал будет формироваться от деления сигнала первой гетеродинной частоты (деление на 8, с учётом того, что вначале выполняется деление на 4, а потом на два как это сделано в первом

экспериментальном образце предлагаемого устройства с получением второго гетеродинного сигнала в квадратуре), то в этом случае промежуточная частота вычисляется по формуле: $F_{\text{гет}} = 8 \times F_{\text{спрм}} / 9 = 2,2 \text{ ГГц} \times 8 / 9 = 1,955555 \text{ ГГц}$. Это даёт промежуточную частоту порядка 244-245 МГц. В этом случае для формирования первой гетеродинной частоты с наличием смещения по частоте Доплера можно использовать квадратурный модулятор типа AD8346 с диапазоном частот от 0,8 до 2,5 ГГц с полосой модулирующего сигнала от 0 до 70 МГц при питании от 2,7 В до 5,5 В с током потребления в 45 мА и выходной мощностью гетеродинного сигнала до минус 12 дБм. С другой стороны возможно использовать смеситель несущих частот вниз IАМ-91563 от 0,8 до 6 ГГц при уровне мощности гетеродинного сигнала в минус 5 дБм, однако в этом случае надо использовать квадратурный модулятор типа AD8349 с диапазоном частот от 0,8 до 2,7 ГГц с полосой модулирующего сигнала от 0 до 200 МГц при питании от 4,5 В до 5,5 В с током потребления в 107 мА и выходной мощностью до 2 дБм. То есть выигрыш по диапазону частот за счёт смесителя IАМ-91563 и выигрыш в мощности гетеродинного сигнала за счёт модулятора AD8349 приводит к увеличению энергетических потерь в 2 раза. Кроме того, при выборе смесителя с квадратурным модулятором надо учитывать, что сигнал с выхода квадратурного модулятора используется не только для формирования гетеродинной частоты, а также служит сигналом для передачи информации при работе радио-модуля в режиме передатчика. И в этом случае стоит вопрос об оптимизации потерь при приёме и передаче, так как вариант с AD8346 требует дополнительного каскада усиления на 12 дБ в режиме передачи, и соответственно потери будут определяться временем работы при приёме и передаче. В нашем случае был выбран вариант со смесителем $\mu\text{PC}2758\text{TB}$. После смесителя $\mu\text{PC}2758\text{TB}$ при переносе сигнала в область 300 МГц, для компенсации потерь, применяется усилитель $\mu\text{PC}2746\text{TB}$ с коэффициентом усиления 19 дБ в диапазоне до 1,5 ГГц при токе потребления 7 мА и питании от 2,7 до 3,3 В. На выходе усилителя $\mu\text{PC}2746\text{TB}$ можно использовать фильтр, например, на промежуточной частоте в 228 МГц - 300 МГц при полосе частот необходимой для пропускания сигнала информации в 38 Мбит/сек, что составляет порядка 50 - 60 МГц. Однако такой фильтр делают на заказ, поэтому используем известный фильтр RBP-

253+, он имеет диапазон частот от 186 до 340 МГц с полосой пропускания в 154 МГц (в 2,5 раза выше) при потерях в полосе пропускания не более 2 дБ. Дальнейшее усиление входного сигнала информации осуществляется за счёт логарифмического операционного усилителя с коэффициентом усиления под 100 дБ. В качестве логарифмического усилителя можно использовать AD8309, который имеет динамический диапазон от минус 78 дБм до 22 дБм при дифференциальном выходе с размахом $\pm 1,2 \text{ В}$ и полосой пропускания в 500 МГц, здесь напряжение питания от 2,7 до 6,5 В при токе потребления 16 мА. Логарифмическое усиление исключает исчезновение входного сигнала при наличии мощного мешающего сигнала. После логарифмического усиления для обеспечения цифровой обработки сигнала осуществляется переход от радиосигнала к видеосигналу за счёт демодуляции через смесители AD831 с получением составляющих сигнала в квадратуре по синусу и косинусу. Как мы показали ранее в [1-3] перенос на нулевую промежуточную частоту позволяет проводить дискретизацию входного сигнала информации при меньшей тактовой частоте. Как мы отметили выше, переход к квадратурному сигналу на нулевой промежуточной частоте может осуществляться за счёт смесителей AD831 (полоса пропускания на выходе 250 МГц, необходимая мощность сигнала гетеродина - 10 дБм с питанием в $\pm 5 \text{ В}$ с максимальной амплитудой сигнала на входе $\pm 1 \text{ В}$) на выходе которых для согласования с аналого-цифровыми преобразователями типа AD9254 желательно использовать дифференциальные усилители AD8131. Выбор АЦП AD9254 определяется тактовой частотой дискретизации. Исходя из необходимости наличия 3 тактовых импульсов на символ информации, с учётом теоремы Котельникова и исключением ошибок от дискретизации, что было нами показано в [1], мы имеем необходимую тактовую частоту дискретизации для АЦП, при скорости передачи информации в 38-50 Мбит/сек, в 114 - 150 МГц. Это соответствует оптимальным радиотехническим параметрам по [1-4]. В этом случае, при превышении сигнала над шумом, допустима ошибка от одного такта дискретизации в виде неправильной информации из общего числа в три такта на символ. Чтобы обеспечить улучшение достоверности информации необходимо повышать количество тактов на символ. Однако в этом случае тактовая частота дискретизации на АЦП должна быть

повышена и при этом растут энергетические потери как в АЦП, так и в ПЛИС и требуется большее количество логических элементов с усложнением подбора задержек между ними. Поэтому в предлагаемом конструктивном решении, если сигнал имеет некоторое превышение над шумами, то параллельно АЦП к выходу дифференциального усилителя (AD8131) подключается компаратор, с выхода которого сигнал в бинарном виде поступает на соответствующий вход ПЛИС. Это позволяет проводить квантование входного сигнала в ПЛИС с тактовой частотой уже в 228 - 300 МГц, которая формируется в ПЛИС AZPE3000L (здесь возможна тактовая частота до 350 МГц при изготовлении ПЛИС по технологии в 130 нм). Из тактовой частоты в 228-300 МГц получается в ПЛИС тактовая частота в 114-150 МГц для АЦП простым делением на 2. Частота бинарного квантования в 228 - 300 МГц допускает наличие ошибочных двух тактов из шести на символ информации. Это значительно улучшает отношение сигнал/шум. Кроме того, желательно, чтобы сигнал гетеродина, поступающий на смесители AD831, имел фиксированное значение вне зависимости от сигнала гетеродина поступающего на смеситель с формированием первой промежуточной частоты (он формируется за счёт синтезатора частоты ADF4350 с диапазоном работы 137,5 - 4400 МГц). Это позволяет сужать полосу пропускания до значения необходимого только для фильтрации входного сигнала в пределах 50-60 МГц. Поэтому тактовая частота от ПЛИС в 228 -300 МГц может быть использована и для формирования второго гетеродинного сигнала промежуточной частоты. С этой целью, данная тактовая частота, через усилитель MAALSS0012 (выходная мощность 18 дБм) поступает на умножитель частоты на 2, например, K1324ПП2 (диапазон входных рабочих частот от 0,3 до 1,9 ГГц, рассеиваемая мощность 100 мВт, входная мощность 16 дБм), а далее с помощью трансформатора ETC1-1-13 формируются противофазные сигналы (дифференциальный выход). Противофазные сигналы через соответствующие делители частоты на 2 (может применяться HMC432 с входным сигналом в минус 15 дБм, выходной мощностью от минус 6 дБм до минус 3 дБм при питании 3 В и потреблении в 42 мА) формируют гетеродинные сигналы на AD831 по синусу и косинусу. Надо отметить, что идея выделения сигнала информации при тактовой частоте в 228 МГц через компаратор при «вшитой»

соответствующей математической программе в ПЛИС была проверена экспериментально в АНО «НТИЦ «Техком». Разрядность АЦП AD9254 в 14 бит исключает «обрезание» входного сигнала за счёт высокой амплитуды шумового сигнала и позволяет обеспечить превышение сигнала над шумами за счёт длительного накопления по коду. Как будет показано несколько ниже, высокая разрядность обеспечивает при накоплении лучшее определение разницы амплитуд при наведении на источник излучения с помощью антенны и разрядность в 14 бит необходима для сплайнов с повышением точности определения смещения по частоте Доплера. Соответственно цифровые сигналы с АЦП поступают на ПЛИС (AZPE3000L) где осуществляется конечная обработка с выдачей приходящей информации. Таким образом, отличие предлагаемого конструктивного решения при приёме сигнала, касаются следующих технических методов:

1. Используются в устройстве антенны два патч, которые обеспечивают повышение коэффициента усиления антенны в направлении на принимаемый сигнал как минимум в 10 раз по сравнению с антенной мобильного устройства связи Iridium (-3дБ). Здесь учитывается, что при первичном входе в связь можно использовать режим с накоплением сигнала. Исходя из рисунка 13 видно, что при приёме сигнала по углам от 0 до 180 градусов требуется накопление для повышения отношения сигнал/шум на 20 дБ, что вполне реализуемо даже при коде в 1000 бит с выделением сигнала 3,8 кбит/сек после цифровой фильтрации (отношение сигнал/шум исходя из начальной полосы пропускания 38 МГц и конечной в 3,8 кбит/сек будет 10000 раз) как это предлагается в [4]. Надо отметить, что такая скорость передачи информации в 3,8 кбит/сек используется в разговорах в телефонном режиме (ТЛФ). Иными словами даже не потребуется менять положение антенны предлагаемого устройства в направлении на передатчик, а использование только одного патч достигается либо отключением питания МШУ одного из патч, либо шунтированием входного тракта через ключ. Одновременно в этот момент можно получить и информацию о местоположении принимаемого сигнала по навигационным данным.

2. Возможность получения сигнала вертикальной, горизонтальной и круговой поляризации определяет места подключения к двум патч 4-х первоначальных МШУ, а также УМ.

Соответственно места расположения МШУ и УМ выбираются наиболее близко к местам соединения с патч для исключения дополнительных потерь. Наличие 4-х МШУ, с учётом когерентного сигнала, даёт преимущество в улучшении отношения сигнал/шум в 2 раза за счёт когерентности приходящих сигналов.

3. Для исключения влияния нагрева УМ на МШУ, УМ располагаются в нижней части многослойной печатной платы с патч-антенной, а МШУ располагаются в верхней части второй платы подсоединяемой к плате с патч-антенной через зазор в 3,8 мм на высоту HSSR-7110, выше которого нет других радиоэлементов. При этом в промежутке между платами размещаются радиаторы для отвода тепла от элементов с высоким нагревом.

4. Использование патч на основе применения многослойных печатных плат позволяет использовать на полосковых элементах высокое согласование и подбор параметров по фильтрации.

5. Помимо квантования входного сигнала в АЦП с последующей обработкой, при превышении сигнала над шумами используется непосредственное подключение входного сигнала через компаратор к ПЛИС с получением бинарного квантования и тактом дискретизации в 228 – 300 МГц, что также позволяет уменьшить вероятность ошибки за счёт допущения двух неправильных тактов из шести.

6. Сигнал тактовой частоты в 228 – 300 МГц от ПЛИС может также использоваться для формирования второй гетеродинной частоты и исключает взаимную зависимость двух гетеродинных сигналов, когда вторая гетеродинная частота формируется за счёт деления первой гетеродинной частоты. Это обеспечивает однозначное согласование по дифференциальному выходу синтезатора частот ADF4350 с дифференциальным входом AD8346 или AD8349 без трансформатора ETC1-1-13. При этом обеспечивается возможность перестройки несущей частоты сигнала во всей области диапазона в полосе 300 МГц, которая ограничивается в данном случае сумматором DS52-0007 из-за диапазона от 2,2 ГГц до 2,5 ГГц.

7. Возможно многофункциональное использование как в качестве радиоуправления для БПЛА, так и в качестве мобильного устройства связи. АЦП с высокой разрядностью квантования позволяет обеспечивать высокое разрешение по амплитуде, что может использоваться при наведении максимума антенны на

направление сигнала от командного пункта и для повышения точности определения параметров путём использования сплайнов, как это будет показано ниже.

Режим передачи определяется подачей сигнала информации на балансный модулятор AD8346 от ПЛИС через цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), а сигнал несущей частоты поступает на AD8346 от синтезатора частот типа ADF4350. Учитывая скорость передачи информации в 38-50 Мбит/сек был выбран ЦАП AD9763, он имеет хорошее согласование с балансным модулятором AD8346. Соответственно, если исходить из необходимости выходной мощности для БПЛА в 4 Вт по требованиям представленным в [2, 3], а также исходя из полосы частот в 2,2 - 2,5 ГГц из-за ограничения диапазона частот сумматором DS52-0007, то УМ типа SZA-2044 может выдать мощность в 1 Вт. Соответственно 4 таких усилителя мощности, подсоединённые к патч дадут необходимую мощность в 4 Вт, причём в полосе 2 - 2,7 ГГц. Усиление SZA-2044 на частоте 2,4 ГГц составляет 25,5 дБ. С выхода балансного модулятора AD8346 мы имеем минус 12 дБм, кроме того есть потери в 6 дБ на разветвление сигнала на 4 УМ и потери в 6,4 дБ связанные с изменением фазы на 180 градусов при смене поляризации, аналогично варианту с приёмом сигнала. В итоге на вход усилителя мощности SZA-2044 будет поступать сигнал в минус 24,4 дБм, что обеспечивает на выходе УМ уровень сигнала в 1,1 дБм, что не обеспечит необходимой мощности. Отсюда следует усилить передаваемый сигнал информации за счёт предусилителя как минимум на 25 дБ. С этой целью мы выбираем усилитель MAALSS0013, который имеет в диапазоне от 2 до 2,5 ГГц усиление порядка 17 дБ и далее используется усилитель MAALSS0012 с полосой от 0,2 до 3 ГГц и усилением в 10 дБ с выходной мощностью в 18 дБм. Понятно, что потребность в двух усилителях связано только с отсутствием аналога позволяющего обеспечить усиление в 27 - 30 дБ в данном диапазоне частот. Исходя из максимума на выходе MAALSS0012 в 18 дБм, с учётом потерь в 6,4 дБ связанных с инверсией фазы на 180 градусов и делением сигнала на 4 мы будем иметь на входах SZA-2044 сигнал 5,6 дБм. В этом случае при усилении сигнала в УМ SZA-2044 на 25,5 дБ выходная мощность достигнет необходимой величины в 30 дБм.

Таким образом, мы показали, что предлагаемое устройство в указанных габаритных

размерах, с использованием радиоэлементов ширпотреба превосходит известные аналоги по рисункам 10 и 11, как по радиотехническим характеристикам, так и по габаритным размерам и весу, так как вписывается в размеры смартфонов. Дальнейшее совершенствование может происходить за счёт замены радиоэлементов на меньшие по размерам, с меньшим потреблением мощности и соответствия частотному диапазону патч-антенн. Габаритные размеры для мобильных телефонов (смартфонов) также имеют устоявшиеся значения (например, Samsung Galaxy A51 5G имеет размеры: 158,9 x 73,6 x 8,7 мм, вес: 187 г) и от меньших размеров отказались в пользу увеличения экрана дисплея, а также многофункциональности. Надо отметить, что можно предусмотреть соединение смартфона с предлагаемым устройством радио-модуля дающего возможность приёма через космическую связь и непосредственно между абонентами как единого целого, в виде откидного варианта радио-модуля от смартфона в виде открытой книги. В этом случае, так как общие габаритные размеры предлагаемой конструкции 140 мм×70 мм×7,95 мм, то изменится только толщина общего аппарата до 1,665 см. Конечно, это менее удобно, однако это даст возможность иметь связь в любой точке мира и использовать общую аккумуляторную батарею на большее количество часов работы. При использовании предлагаемого радио-модуля в качестве средства радиоуправления БПЛА вопрос о питании решается за счёт источника питания установленного на самом БПЛА. Если предлагаемое устройство будет использоваться отдельно в качестве мобильной системы связи, то под нижней платой предлагаемого радио-модуля

можно разместить два аккумулятора FLY FS454 Nimbus 8 (BL6425) с размерами 74 мм × 47 мм × 4 мм и весе 50 г, с ёмкостью в 1700 мА·ч, напряжением 3,8 В, мощностью 6,46 Вт·ч, с последовательным включением для получения напряжения в 5 В через стабилизатор напряжения. Возможно также использование с таким же расположением и подключением аккумуляторов Lenovo A369 (BL203) с размерами 76 мм × 49 мм × 3,9 мм. При этом ёмкость в 1300 мА·ч, напряжение питания 3.7 В, но вес батарейки 31 г. Общая ёмкость от двух батареек составит 2600 мА·ч. Для сравнения, аккумуляторная батарейка мобильного устройства Iridium имеет 2200 мА·ч. Понятно, что в этом случае толщина предлагаемого устройства возрастёт до 11,35 мм, но возможны варианты создания специализированных аккумуляторных батареек под размеры предлагаемого устройства с минимизацией толщины. Надо отметить, что в перспективных современных смартфонах наметилась тенденция на применение аккумуляторных батареек толщиной всего 3 мм.

Соответственно рассмотрим теперь намечающуюся тенденцию перехода на частоты от 3 до 5,091 ГГц для которого, конечно, нужна своя база из радиоэлементов. Понятно, что в этом случае также можно использовать патч-антенны. Однако, так как размеры этих патч-антенн оказываются фактически вдвое меньше, чем показанные на рисунке 15, то желательно использовать конструктивное исполнение по принципу патч-антенны рассмотренной в [6] которая показана на рисунке 19, возможно без дополнительной металлической пластины сверху обеспечивающий расширение диапазона частот и убираем питательных шлейфов на соответствующие слои многослойной печатной платы.

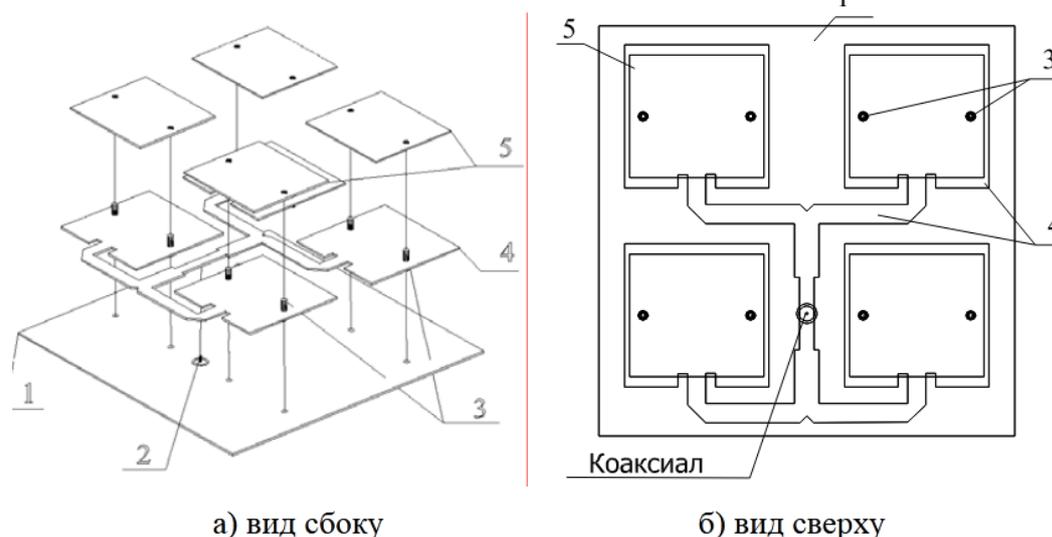


Рис. 19. 4-х элементная АФАР с воздушным заполнением

В соответствии с рисунком 19, на рисунке 20 приведена конкретная аналогичная

реализация такой патч-антенны на основе многослойной печатной платы.

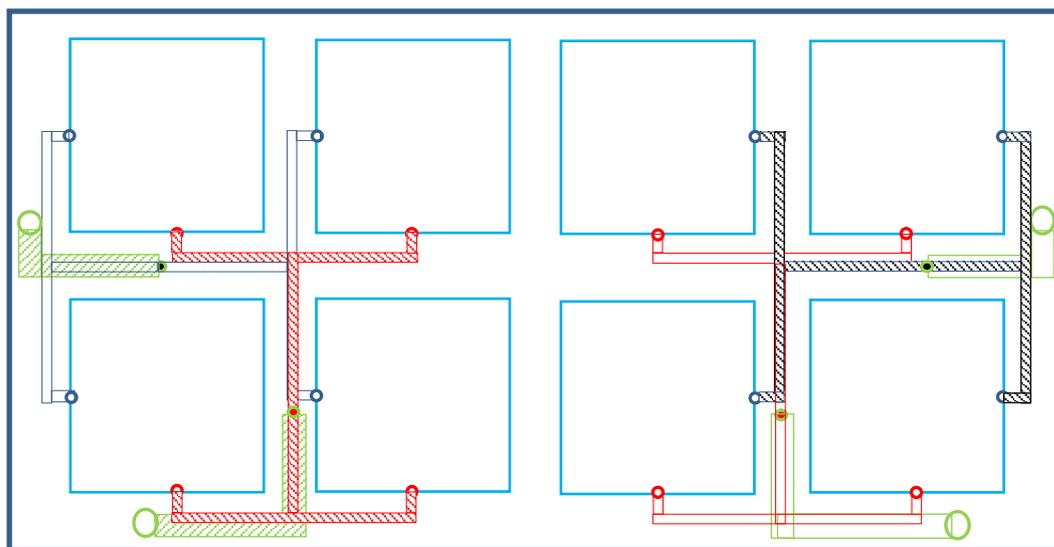


Рис. 20. Расположение патч для получения вертикальной, горизонтальной и круговой поляризации на несущих частотах порядка 3-5 ГГц

Здесь красным цветом отображён четвертьволновый полосковый делитель, дающий вертикальную поляризацию, и он расположен на своём слое многослойной печатной платы с подсоединением через металлизированное отверстие к верхнему слою металлической пластины патч с прохождением без контакта через металлизированный слой отображающий «землю». На рисунке 20 это отмечено металлизированным отверстием с контуром красного цвета. Далее через металлизированное отверстие (отмечено на рисунке 20 линией окружности зелёного цвета с красным заполнением) идёт соединение со слоем многослойной печатной платы, в котором может быть осуществлено согласование через полосковые линии и подобрана соответствующая длина в $\lambda/4$ между точками подсоединения к патч между вертикальной и горизонтальной поляризацией. Этот слой многослойной печатной платы обозначен зелёным цветом и через металлизированное отверстие зелёного цвета осуществляется подсоединение к противоположному последнему слою с подсоединением к МШУ и УМ, как это было сделано в случае варианта 2-х патч. Аналогично контуром линий чёрного цвета отображён четвертьволновый полосковый делитель, дающий горизонтальную

поляризацию и он расположен на своём слое многослойной печатной платы с подсоединением через металлизированное отверстие к верхнему слою металлической пластины патч с прохождением без контакта через металлизированный слой отображающий «землю». На рисунке 20 это отмечено металлизированным отверстием с контуром чёрного цвета. Далее через металлизированное отверстие (отмечено на рисунке 20 линией окружности зелёного цвета с чёрным заполнением) идёт соединение со слоем многослойной печатной платы, в котором может быть осуществлено согласование через полосковые линии и подобрана соответствующая длина в $\lambda/4$ между точками подсоединения к патч между вертикальной и горизонтальной поляризацией. Этот слой многослойной печатной платы обозначен зелёным цветом и через металлизированное отверстие зелёного цвета осуществляется подсоединение к противоположному последнему слою с подсоединением к МШУ и УМ в нижней части платы, как это было сделано в случае варианта 2-х патч.

Как показано в [6] схема, состоящая из четырёх патч, может иметь коэффициент усиления в 14,5 дБ при КСВН < 1,2. Диаграмма направленности такой антенны приведена на рисунке 21.

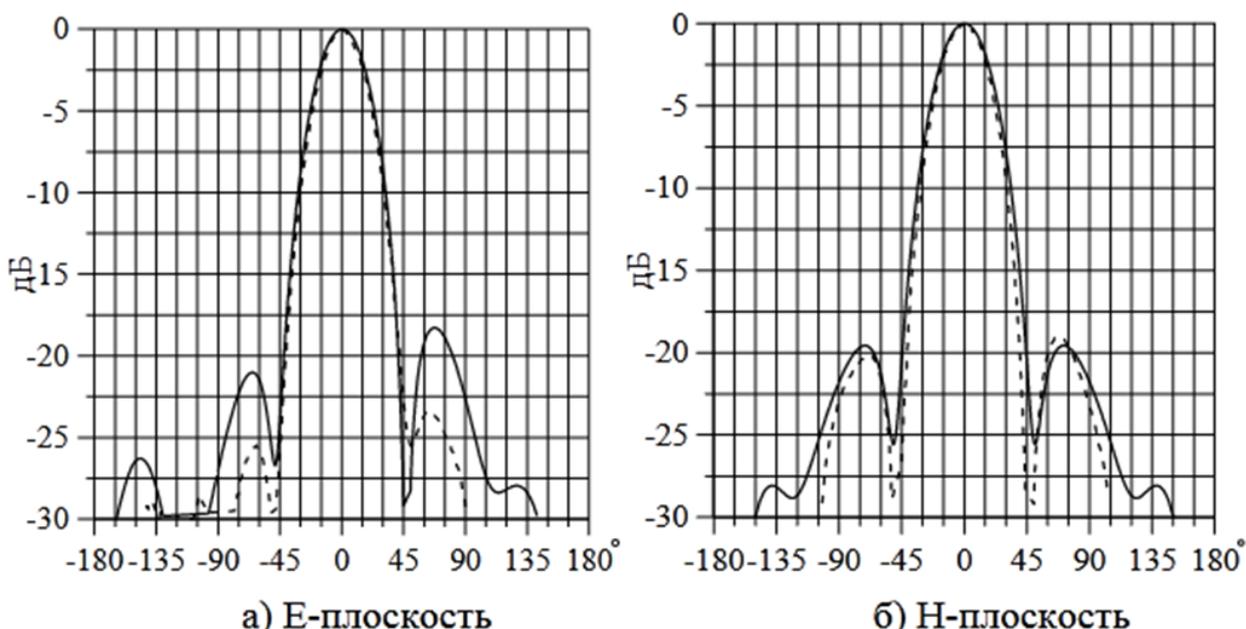


Рис. 21. Антенна из 4-х элементов патч, моделирование это сплошные линии, штриховые линии это экспериментальные с шириной диаграммы направленности в 34 градуса

В нашем случае по рисунку 20 при 8 патч мы будем иметь общий коэффициент усиления в 17,5 дБ. Использование антенны с высоким коэффициентом усиления в БПЛА обеспечивает повышенную помехозащищённость, так как максимум диаграммы направленности можно ориентировать в направлении на командный пункт управления (КПУ). Для того, чтобы

обеспечить такую направленность антенны на КПУ, а это необходимо при высоком коэффициенте направленного действия (КНД), что неизбежно при переходе к несущим частотам в диапазоне 3 - 5,1 ГГц, нужно использовать механизм управления патч-антенной аналогичный показанному на рисунке 22.

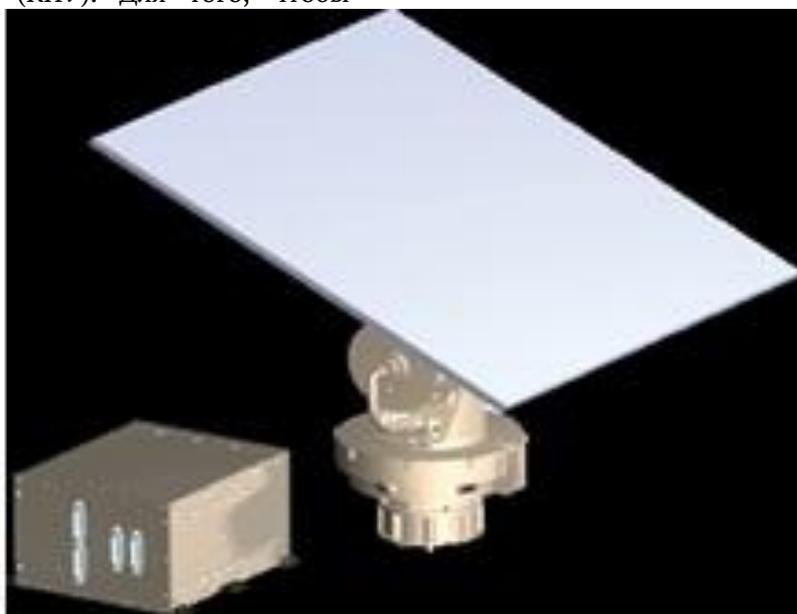


Рис. 22. Пример способа управления антенной

Отметим, что при прямоугольных размерах патч-антенны у нас формируется основной луч антенны в форме эллипса, что показано на рисунке 23, и им можно с помощью механизма

управления осуществлять угловое сканирование. За счёт этого формируется пеленгационная характеристика.

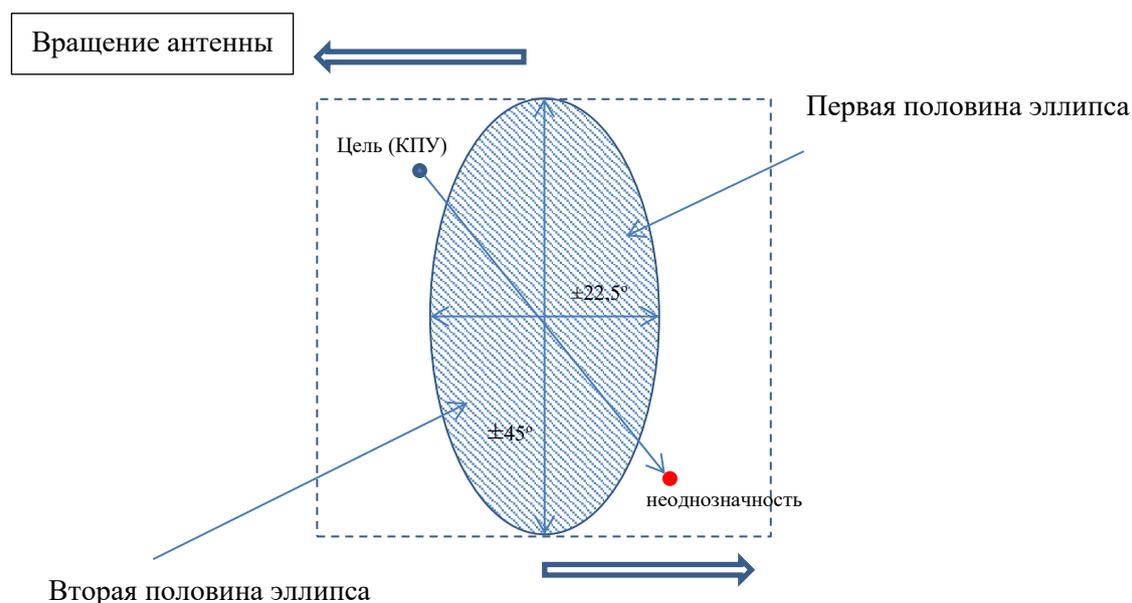


Рис. 23. Диаграмма направленности основного луча, состоящей из восьми патч для несущих частот от 3-5,1 ГГц

Однако пеленгационная характеристика будет иметь разный наклон по азимуту и углу места из-за эллипса образной формы основного луча, одновременно сектор захвата на сопровождение будет по уровню падения сигнала на 3 дБ и отличаться в 2 раза по азимуту и углу места, что ухудшает характеристики наведения. Из рисунка 23 видно, что добавление вращения патч-антенны в плоскости перпендикулярной направлению к нормали самой антенны даёт возможность расширить сектор захвата и получить амплитудную модуляцию сигнала приходящего от командного пункта управления (КПУ). Отметим, что амплитудная модуляция принимаемого сигнала в оптическом диапазоне волн ранее использовалась в головках самонаведения (ГСН), при этом имелось изменение по частоте в зависимости от места расположения цели. Соответственно вращение патч-антенны с предлагаемым устройством требует меньшего потребления энергии, чем сканирование лучом антенны с помощью механизма на рисунке 22, так как связано только с потерями на восполнение от трения. В головках самонаведения ракет в радиодиапазоне при вращении основного луча антенны не механическим, а электронным способом, отклонение по углу от цели осуществляется по уровню 3 дБ, и нахождение цели определяется по смещению в сторону минимума сигнала. В нашем случае вращение антенны по рисунку 23 вокруг оси по нормали от плоскости антенны даёт точное направление на командный пункт при максимуме сигнала и отсутствии модуляции по

частоте со скоростью вращения антенны. При этом для определения координат КПУ по азимуту и углу места, с учётом нормированной амплитуды модуляции соответствующей разнице в уровнях диаграммы направленности эллипса основного луча, необходимо обеспечить привязку начала вращения к угловому положению первой половины эллиптической формы луча в плоскости вращения по рисунку 23. Это можно сделать на основе фотоприёмника на обратной стороне нашего радио-модуля, а светодиод разместить на опорной конструкции механизма вращения так, чтобы при вращении патч-антенны фотоприёмник был соосен со светодиодом лишь в одной точке. Можно также предусмотреть и иной вариант определения начала отсчёта, например, вариант замыкания электрической цепи через электрощёпку в определённые моменты времени при вращении радио-модуля. Соответственно повторение фото импульса от светодиода или импульса тока будет только через 360 градусов, и он привязан к первой половине эллипса луча антенны БПЛА. Смещение фазы принимаемого амплитудно-модулированного сигнала от фото импульса в фотоприёмнике, с учётом нормировки амплитуды входного сигнала по размаху, даст значение угла места и азимута КПУ относительно нормали полотна патч-антенны. Понятно, что возможна неоднозначность (она показано в виде красной точки на рисунке 23) из-за того, что амплитуда сигнала будет меняться в 2 раза чаще. Чтобы разрешить эту неоднозначность можно использовать небольшое

угловое отклонение луча патч антенны в одну из сторон предполагаемого нахождения КПУ за счёт механизма управления по рисунку 22. Если амплитуда сигнала возросла, то направление на местоположение КПУ определено верно, если упала, то значит это ошибочный неоднозначный ориентир. Неоднозначность может быть решена и за счёт изменения направления движения БПЛА в сторону предполагаемой точки нахождения объекта связи по тому же самому признаку изменения амплитуды. Кроме того, отметим, что эта неоднозначность связана с принадлежностью КПУ к верхней или нижней полусфере, поэтому если заранее известно в какой полусфере находится КПУ, то

неоднозначность решается автоматически. Однако при определении местоположения КПУ с высокой точностью не обязательно иметь направление нормали к поверхности патч-антенны предлагаемого устройства в направлении на КПУ. Более точным будет способ, основанный на нахождении КПУ в точках расположения по рисунку 23, то есть, когда основной луч патч-антенны при вращении, за счёт формы эллипса, периодически захватывает точку нахождения КПУ. В этом случае мы будем иметь периодическую связь с КПУ в течение времени попадания КПУ в луч патч-антенны, что показано на рисунке 24.

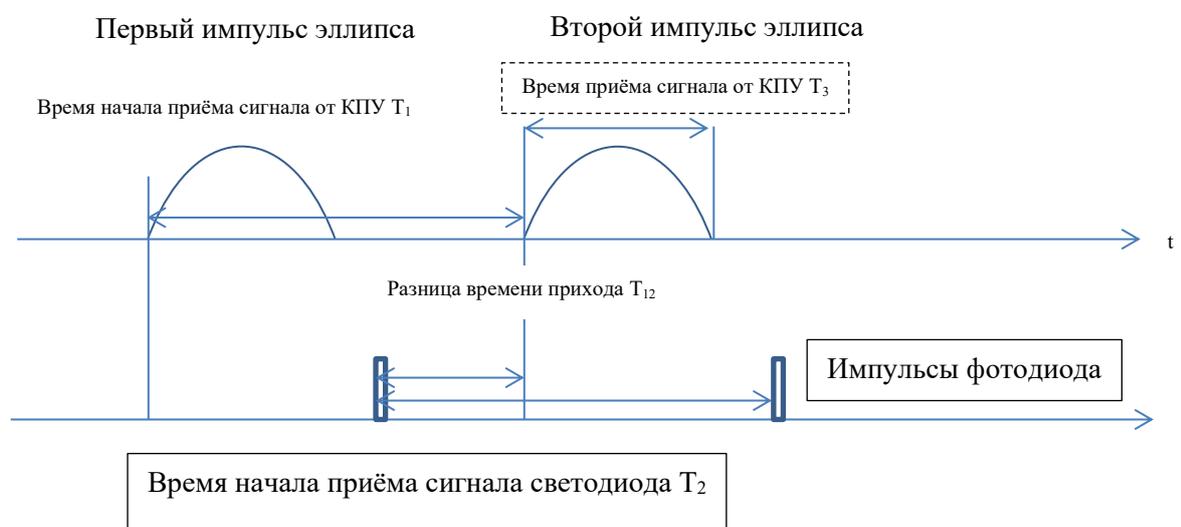


Рис. 24. Временная диаграмма, определяющая формирование времени приёма сигнала от КПУ

Соответственно время $T_{12} + T_3/2$ пересчитывается в градусы угла, аналогично «стрелке часов на циферблате», от фиксированного места расположения на БПЛА светодиода, который имеет привязку к системе координат БПЛА, до места начала приёма сигналов от КПУ. Время приёма сигнала от КПУ – T_3 , благодаря форме эллипса диаграммы направленности, позволяет определить величину радиуса («длину стрелки») и на основании этих значений можно вычислить местоположение КПУ по направлению. Теперь определим необходимые параметры электродвигателя. В соответствии с этим отметим, что константа скорости или постоянная скорость (KV) это очень важный параметр при выборе бес коллекторного мотора для квадрокоптера. Она обозначает теоретическое увеличение оборотов вала мотора без нагрузки при увеличении напряжения на 1 Вольт. Например, если запитать мотор 2300 KV

батареей 3S на 12,6 В, то вал будет крутиться со скоростью 28980 оборотов в минуту (2300 x 12,6), без лопастей. Но это приблизительная величина и она всегда указана на маркировке мотора. Так как у нас вместо лопастей вращается наше устройство с патч антенной, то основное сопротивление будет связано с трением и главная задача - обеспечить начальный момент вращения или тяги, для данного вида двигателя он доходит до 630 грамм. Соответственно, если исходить из стандартной скорости вращения вокруг центра масс со скоростью 5000 оборотов в минуту, то мы получим частоту амплитудной модуляции для принимаемого сигнала КПУ в 83 Гц. На дальности в 400 км для точности определения местоположения по углам в 1 м тангенс должен соответствовать величине 0,0000025. Отсюда для точности определения местоположения необходима точность определения местоположения по углам в 0,001 градус.

Такое требование может быть снижено в 10 - 100 раз на основе сочетания с другими методами триангуляционного определения местоположения [3]. Это означает, что требуются такты временного отчёта с частотой в 360 кГц за один оборот в 360° за одну секунду. Однако при учёте скорости вращения предлагаемого устройства с патч-антенной в 83 Гц тактовые импульсы должны иметь частоту повторения не менее 29,88 МГц. Практически, если взять скорость вращения устройства с патч-антенной в 105 об/сек (6300 об/мин), то мы получим совпадение скорости передаваемой информации в 38 Мбит/сек со скоростью повторения тактовых импульсов. При скорости вращения 105 об/сек БПЛА при скорости в 69,45 м/сек (250 км/час) переместится на 0,66 метра, что допустимо при погрешности вычисления местоположения в один метр. На АЦП у нас поступает тактовая частота в 114 МГц. Как мы показали в [1], в этом случае, как минимум, имеется в ПЛИС достоверная информация, с учётом теоремы Котельникова и ошибки дискретизации, в два тактовых импульса. Однако это требует на дальности в 400 км принимать сигналы от КПУ по одному символу. Для различения символов с тактом в 38 МГц можно использовать код Манчестера, что значительно улучшает чувствительность, так как точно известна последовательность смены фазы. При ошибке можно, на основе сплайна с учётом последующих и предыдущих точек, а также с учётом известной формы диаграммы направленности спрогнозировать значения. Надо отметить, что постоянная ошибка, связанная с наличием требования знания точного углового местоположения до 0,001 градуса может быть учтена ещё в ходе испытательного полёта на основе сравнения различных методов вычисления местоположения БПЛА. Кроме того, для того, чтобы принимать сигналы с учётом достоверной информации по амплитуде сигнала нам требуется соответствующий энергопотенциал антенны и передатчика КПУ. При этом коэффициента усиления луча антенны БПЛА радио-модуля $G_u = G_{\text{бпла}} = 7,94$ (9 дБ) с мощностью в 4 Вт явно недостаточно. Если предположить модульную конструкцию сборки АФАР и передатчика КПУ по принципу предлагаемых радио-модулей, то необходимо обеспечить соответствующие входы-выходы через ключи, когда управляющим будет являться дополнительный радио-модуль. Здесь сигнал первой гетеродинной частоты с учётом смещения по частоте Доплера

или несущая частота с информацией от одного из УМ дополнительного радио-модуля с предусмотренного выхода через ключ поступает на устройство деления сигнала, где в качестве делителей можно использовать DS52-000. Далее, через предусмотренный СВЧ вход, сигнал от дополнительного радио-модуля, через соответствующий ключ поступает на балансный модулятор AD8346 каждого радио-модуля АФАР. Одновременно при приёме сигнала на АФАР, на специальный вход дополнительного управляющего радио-модуля, через устройство суммирования сигналов, например, на основе SCP-4-1+, поступают через соответствующие ключи сигналы с выходов логарифмических усилителей AD8309 радио-модулей АФАР. Специальный вход дополнительного радио-модуля также через ключ (например, SKY13290-313LF) связан с его демодулятором на основе смесителей AD831. Таким образом, используется один общий синтезатор частоты для формирования как гетеродинного сигнала со смещением по частоте Доплера, так и сигнала информации на соответствующей несущей частоте. При этом изменение фаз в радио-модулях, формирующих АФАР, с целью управления лучом АФАР, обеспечивается подачей через ЦАП AD9763 этих радио-модулей АФАР соответствующих сигналов, определяющих фазу от ПЛИС. Отсюда, при 8 радио-модулях АФАР с наличием ещё одного девятого управляющего радио-модуля и устройства сложения и разветвления, мы можем получить общую мощность $P_{\text{кпу}} = 32$ Вт, с коэффициентом усиления луча антенны КПУ $G_{\text{кпу}} = 63,52$. Надо отметить, что полученная АФАР будет иметь толщину порядка 1,6 см, это в 2 раза меньше толщины АФАР для космических спутников системы связи Iridium. Размеры мобильного устройства Iridium 9555 составляют $143 \times 55 \times 30$ мм при весе 266 г. Это означает, что предлагаемое устройство может использоваться и как мобильное устройство связи и как элемент АФАР. Как мы уже отметили выше, несущая частота $f_u = 2,4$ ГГц (длина волны $\lambda_u = 0,12499$ м). Выбираем отношение сигнал/шум $q = 27$ (вероятность ошибки для ФКМ сигнала 10^{-7} [7]), при шумовой температуре $T_u = 600$ К, соответственно в формуле k – постоянная Больцмана, дальность $D_{\text{кпу}} = 400$ км.

Отсюда вычислим полосу пропускания по формуле:

$$F_{\text{прми}} = P_{\text{кпу}} \times G_{\text{кпу}} \times G_{\text{бпла}} \times \lambda_{\text{и}}^2 \times \sigma / [(4 \times \pi)^2 \times q \times k \times T_{\text{ш}} \times D_{\text{кпу}}^4] = 32 \times 63,52 \times 7,94 \times (0,12499)^2 / [(4 \times \pi)^2 \times 27 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 600 \times (400 \times 10^3)^4] = 44,63 \text{ МГц} \quad (4)$$

При этом размеры устройства АФАР КПУ будут 28 см × 28 см, что практически совпадает с размерами наземных антенн Starlink для Интернет, но преимущество у нас в том, что мы имеем модульную конструкцию по сборке АФАР из многофункциональных радио-модулей.

Соответственно после определения направления на КПУ можно использовать выставление луча основного лепестка антенны БПЛА в максимум приёма. Понятно, что у нас повышенные требования в плане связи системы координат БПЛА с устройством управления по рисунку 22 с точностью соответствия по углам до величины не более 0,001 градус. Однако это связано с технологией изготовления механизма управления патч-антенной, показанного на рисунке 22, и при фиксированных значениях установки антенны за счёт механизма управления углы могут быть определены достаточно точно. Кроме того, при использовании запросно-ответной системы [3] мы можем измерить и дальность от БПЛА до КПУ с точностью менее одного метра, что обеспечивается благодаря тактовой частоте от 114 до 228 МГц. Напомним, что в GPS заложена тактовая частота в 200 МГц при бинарном квантовании. Соответственно мы можем сделать замеры дальности в нескольких точках в соответствующие промежутки времени и при известной дальности перемещения БПЛА (метод измерения рассматривается ниже) мы можем проводить соответствующую коррекцию по определению местоположения. В итоге данный способ измерения позволяет заменить систему ГЛОНАСС (GPS) при известных точных значениях местоположения КПУ на карте местности. Этот способ определения местоположения даёт возможность с высокой точностью определить и направление на источник помех. А это позволяет использовать такой оригинальный метод подавления помехи (помимо известных методов смены поляризации, накопления по коду и изменения параметров сигнала с изменением несущей частоты) как выставление в ноль или минимум значения диаграммы направленности антенны БПЛА в направлении на источник помех. С этой целью в безэховой камере проводятся измерения диаграммы направленности, как на горизонтальной, так и на вертикальной поляризации с учётом используемых несущих частот в автоматическом режиме.

Соответственно формируется в карте памяти соответствующая таблица, на основании которой, после определения местоположения источника помех, проводится соответствующее управление механизмом по рисунку 22 с учётом динамики движения БПЛА. Изменение положения нулей диаграммы направленности можно также изменять за счёт изменения несущей частоты. Принцип определения наличия помех выявляется логически по отсутствию или искажению принимаемого кодового сигнала от КПУ в ожидаемые моменты времени, а также на основании перегрузки входного тракта с вхождением его в насыщение, после чего осуществляются все предлагаемые методы исключения помех. Кроме того, возможно использовать уничтожение источника помех путём наведения на него БПЛА за счёт метода рассмотренного выше. Здесь, за счёт механизма управления по рисунку 22 можно поддерживать оптимальный режим для точного движения в направлении на источник помех. Кроме того, при загрузке карты местности точное определение по углам источника помех относительно БПЛА (а его координаты нам известны после замеров относительно КПУ) позволит найти точку пересечения с рельефом местности, и в данную точку может быть нанесено огневое поражение. Таким образом, мы используем все известные методы подавления помех при оптимальной конструкции предлагаемого радио-модуля.

Ещё одной функцией, которую необходимо определять для БПЛА, это измерение скорости движения БПЛА относительно Земли. Это позволяет на основе определения пройденной дальности и с учётом метода рассмотренного выше вычислить триангуляционным методом, при замерах в нескольких точках, истинное местоположение БПЛА. То есть, измерение смещения по частоте Доплера позволяет определять пройденное расстояние, и на основе этого прогнозировать местоположение. Одновременно желательно знать и высоту полёта, что позволяет перемещаться с огибанием рельефа местности, и чем меньше высота полёта, тем выше сигнал, отражённый от Земли, и соответственно качество определения смещения по частоте Доплера. Отметим, что смещение частоты Доплера будет точно соответствовать скорости движения БПЛА при отражённом сигнале прямо по курсу движения, но при этом

дальность определения по отражённому сигналу равна практически бесконечности. Соответственно, в этом случае не обойтись без механизма управления антенной по рисунку 22 с наклоном антенны к земле.

Рассмотрим теперь вопрос о достижении чувствительности и необходимой мощности сигнала для измерения скорости по смещению частоты Доплера с учётом высоты полёта БПЛА, например, в 70 метров. Вычислим необходимые параметры для радиовысотомера БПЛА. Если исходить из наличия двух патч и сравнить её с 4-мя патч по рисунку 19 по коэффициенту усиления в диапазоне несущих частот 2,4 ГГц [6], то в этом случае коэффициент усиления антенны должен быть равен 11,5 дБ. Однако мы будем считать, что мы смогли достичь лишь 9 дБ, что соответствует теоретической величине коэффициента усиления одного

$$F_{\text{прми}} = P_{\text{прди}} \times G_{\text{прди}} \times G_{\text{прм}} \times \lambda_{\text{и}}^2 \times \sigma / [(4 \times \pi)^2 \times q \times R_{\text{зат}} \times k \times T_{\text{ш}} \times D_{\text{и}}^4] = 4 \times 7,94 \times 7,94 \times (0,12499)^2 \times 1 / [(4 \times \pi)^2 \times 27 \times 100 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 600 \times (0,07 \times 10^3)^4] = 46,218 \text{ МГц} \quad (5)$$

Таким образом, при высоте в 70 метров мы можем обеспечить зондирующий импульс с полосой в 38 МГц. Как мы отмечали ранее в работах [1-4], при накоплении зондирующих импульсов можно обеспечить точность определения высоты до 0,1 метра с использованием сплайнов (от 2-х до 3-х точек) с учётом амплитуды накопленных импульсов по 3 - 4 потокам

$$F_{\text{д}} = 2 \times V_{\text{бпла}} \times f / c = 2 \times 69,45 \times 2,4 \times 10^9 / (3 \times 10^8) = 0,89 \text{ кГц}. \quad (6)$$

С учётом скважности сигнала на приём и передачу равного двойке $Q=2$, можно вести накопление сигнала в течение 0,5618 мсек, за один период смещения по частоте Доплера, что соответствует частоте в 1,78 кГц. В [4] мы показали возможность выделения при цифровой фильтрации информации со скоростью в 250 бит/сек при использовании ФКМ кода в 1000 бит при скорости символов в коде в 38 Мбит/сек. Собственно данный предел при накоплении оправдан тем, что при движении в 69,45 м/сек и при накоплении сигналов в полосе 250 Гц, БПЛА переместится на 0,2778 метра, то есть, в этом случае ошибка за счёт движения БПЛА при таком накоплении не превышает 0,3 метра. При передаче кода со скоростью в 38 Мбит/сек мы за 0,5618 мсек обеспечим накопление 21348 импульсов. Это означает, что при наличии отражения от земли порядка $\sigma = 1 \text{ м}^2$ и поглощением в 20 дБ по условиям по формуле (5) мы имеем эквивалент по возможной высоте по приёму такого накопленного сигнала в 0,846 км. При этом при измерении смещения по частоте Доплера угол

патч. В этом случае считаем коэффициент усиления луча антенны радиовысотомера БПЛА $G_{\text{прди}} = G_{\text{прми}} = G_{\text{прми}} = 7,94$ (9 дБ). Как мы ранее отмечали, мощность от одного усилителя SZA-2044 (2-2,7 ГГц) составляет $P_{\text{прди}} = 1$ Вт, а так как у нас 4 таких усилителя, то общая мощность $P_{\text{прди}} = 4$ Вт. Как мы уже отметили выше, выбираем несущую частоту $f_{\text{и}} = 2,4$ ГГц (длина волны $\lambda_{\text{и}} = 0,12499$ м). Соответственно считаем эффективную поверхность рассеяния порядка $\sigma = 1 \text{ м}^2$, при этом мы имеем потери на поглощение при отражении от подстилающей поверхности $R_{\text{зат}} = 100$ (20 дБ). Выбираем отношение сигнал/шум $q = 27$ (вероятность ошибки для ФКМ сигнала 10^{-7} [7]), при шумовой температуре $T_{\text{ш}} = 600$ К, соответственно в формуле k – постоянная Больцмана,

Отсюда имеем полосу пропускания:

внутри ПЛИС разнесённым с задержкой на такт в 114-150 МГц. Принцип улучшения характеристик по точности с учётом сплайнов будет рассмотрен ниже. Соответственно теперь, вычислим доплеровскую частоту $F_{\text{д}}$ при скорости БПЛА в 250 км/час ($V_{\text{бпла}} = 69,45$ м/сек) и несущей частоте $f = 2,4$ ГГц по формуле:

наклона антенны к подстилающей поверхности определяется соотношением катета к гипотенузе в величину равную 0,08274231. По косинусу это эквивалентно $\cos(85,255^\circ) = 0,08272124$. Соответственно изменение смещения частоты Доплера при угле наклона измерения к земле в направлении движения составит величину $\cos(4,745^\circ) = 0,996572725$. Это даст смещение по частоте Доплера по формуле (6) с учётом угла наклона порядка 0,886949725 кГц. При этом вычисляемая скорость будет эквивалента величине 69,21197575 м/сек. Отсюда разница по скорости составит значение минус 0,238 м/сек. Соответственно за 10 секунд ошибка будет в 2 метра, что недопустимо. Конечно, эта величина может быть учтена при точном определении наклона нормали антенны БПЛА к поверхности земли. Как мы уже отмечали выше, неточность установки углов при управлении антенной в системе координат БПЛА за счёт механизма управления по рисунку 22 не должна превышать значения $0,001^\circ$ в целях определения местоположения БПЛА с точностью до 1 метра при замещении системы GPS. Отсюда

при добавлении ошибки в $0,001^\circ$ имеем $\cos(4,746^\circ) = 0,996571281172662$. Это даст смещение по частоте Доплера по формуле (6) с учётом угла наклона порядка $0,886948440$ кГц. При этом вычисляемая скорость будет эквивалента величине $69,2118754$ м/сек. Отсюда неточность из-за ошибки в $0,001$ градус равняется $0,0001003$ м/сек. Понятно, что в этом случае ошибка в определении по дальности за 120 минут составит $0,72$ м, а БПЛА за это время пройдёт расстояние в 500 км. Как мы уже отмечали выше, требования по точности определения углового положения достаточно высоки, но ошибка, возникающая при этом, будет постоянна и может быть исключена ещё на этапе проверочных полётов БПЛА.

Теперь определим, чему равна ошибка при вычислении смещения по частоте Доплера за счёт измерения с тактом цифровой дискретизации сигнала по частоте Доплера внутри ПЛИС в 38 МГц. Как мы отмечали выше, количество тактов дискретизации за один период в $0,89$ кГц, во время которого осуществляется приём сигнала при скважности $Q=2$, при такте в 38 МГц составит величину $38 \text{ МГц} / 1,780262 \text{ кГц} = 21348$. Соответственно неточность при

ошибке в один такт дискретизации в сторону увеличения даст количество в 21349 подсчитываемых тактов, а в пересчёте на частоту смещения по Доплеру это составит $1,77994285$ кГц. И здесь мы имеем разницу по сравнению с величиной смещения по частоте Доплера $0,89$ кГц ($69,45$ м/сек) в $0,159572$ Гц. Это даёт отношение изменения в частоте смещения по Доплеру в $0,9998207$ раз, что соответствует скорости $69,437548$ м/сек и ошибке в определении скорости в $0,01245$ м/сек. Тогда через минуту ошибка в определении пройденной дальности будет $0,747$ м при прохождении расстояния в 4167 м. Отсюда следует, что надо искать пути снижения ошибки по определению смещения по частоте Доплера. Так неточность из-за дискретизации может быть снижена, если учесть амплитуду выделяемого сигнала смещения частоты Доплера и обеспечить аппроксимацию на основе разницы амплитуд в месте перехода через ноль. В [4] мы показали, что согласованная цифровая фильтрация в ПЛИС по дискриминационной характеристике (\cos_s3), по которой обеспечивается работа фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) имеет треугольную форму ($XORA3_BUF$) показанную на рисунке 25.

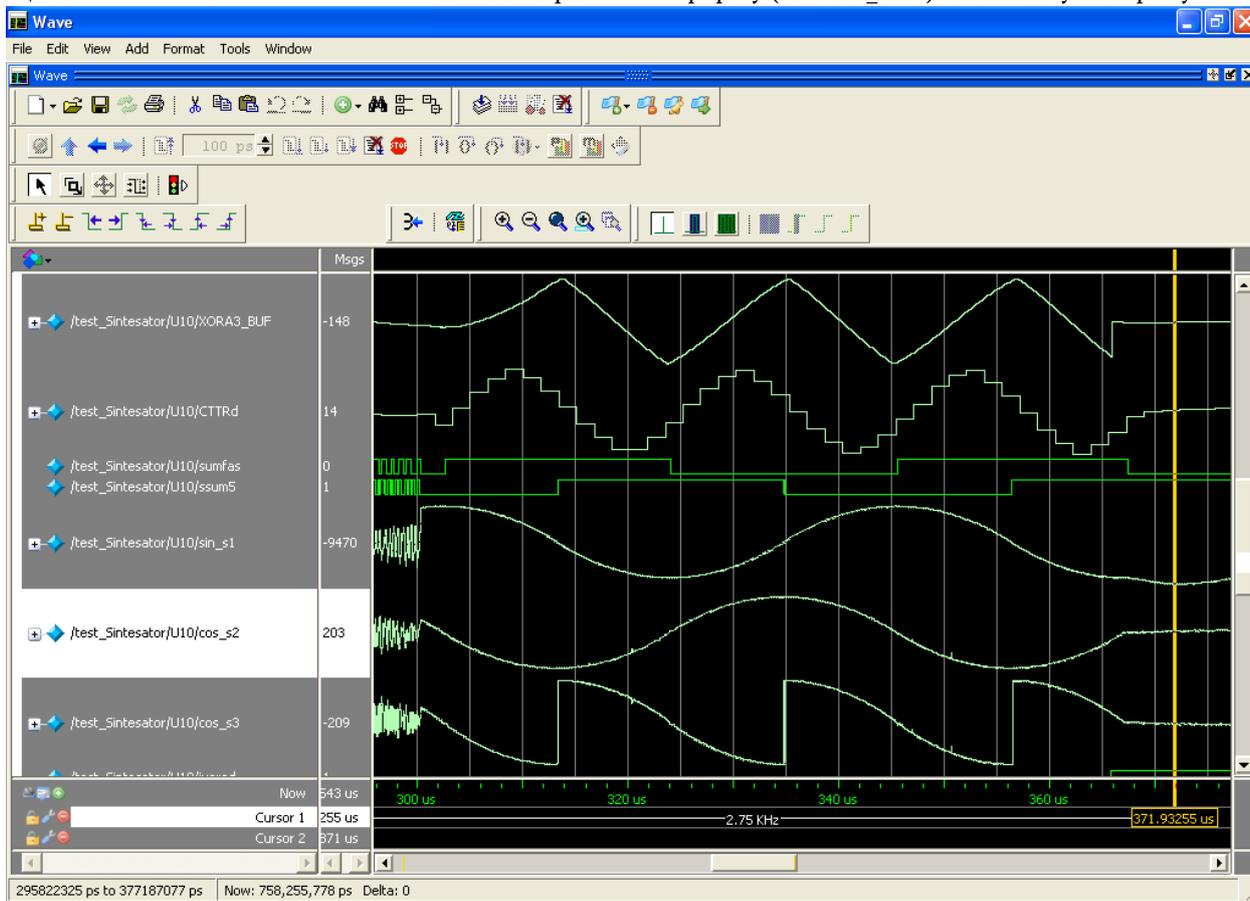


Рис. 25. Вариант накопления кода в 64 бита с частотой смещения в 23 кГц

Отсюда мы можем достаточно точно на основе разницы амплитуд определить точку пересечения с нулём для оценки смещения по

частоте Доплера, с учётом накопленной амплитуды сигнала по рисунку 26.

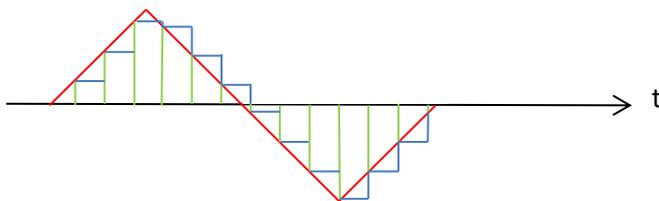


Рис. 26. Дискретизация при цифровой фильтрации с тактом в 38 МГц

Из рисунка 26 мы видим, что точность определения места прохождения через ноль будет зависеть от точности определения амплитуд. При АЦП с разрядностью в 14 бит мы имеем возможный размах изменения по числу градаций на величину ± 8192 . Это число будет изменяться при треугольной форме по рисунку 26 при цифровой фильтрации от максимума до минимума за 5337 тактов при частоте 0,89 ГГц. При линейной форме это равняется изменению в 3 градации на расстояние одного такта. Отсюда возможно пересечение нуля в 3 точках между тактами. С учётом сплайна из двух соседних тактов, находящихся между нулём, мы имеем по 3 градации на каждый такт, соответственно комбинации градаций дадут 9 точек пересечения через ноль. При сплайне от 3 тактов мы будем иметь 27 возможных точек пересечения через ноль между двумя соседними тактами, находящимися между нулём. С учётом того, что один крайний такт при сплайне из трёх тактов может находиться как до точки пересечения с нулём, так и после, то возможное количество точек пересечения с нулём увеличивается до 54. И тогда учёт амплитуды даст уменьшение ошибки в скорости до величины 0,00023 м/сек. В этом случае за 60 минут движения БПЛА ошибка оценки местоположения будет равняться 0,83 метра, при этом БПЛА переместится на 250 км. Понятно, что этот расчёт сделан с учётом достижения необходимой чувствительности на дальности в 846 метров за счёт накопления 21348, при полосе в 890 Гц. Однако, исходя из скорости БПЛА в 69,45 м/сек мы можем сделать оценку на основе пяти периодов. Однако, исходя из скорости БПЛА в 69,45 м/сек, мы можем сделать оценку на основе пяти периодов (полоса в 178 Гц), что ещё больше снизит ошибку вычисления смещения по частоте Доплера. При этом ошибка за счёт движения БПЛА составит величину (69,45

м/сек $\times 5$)/(890 Гц)=0,39 м. Следовательно, автономный проход БПЛА на дальность в 250 км-500 км с вычислением этой дальности по смещению частоты Доплера в течение часа обеспечит сброс груза с точностью до метра. Отметим ещё раз, что, требования к точности установки угла наклона механизма управления по рисунку 22, при сочетании места определения БПЛА методом, предложенным нами по рисунку 23, в сочетании с точностью определения дальности пути пройденным БПЛА на основе данных по смещению по частоте Доплера за малый промежуток времени, могут быть снижены. Это достигается за мерами значений дальностей в разных точках местоположения БПЛА через триангуляционные методы вычислений, что нами было рассмотрено в [3]. Понятно, что переход на более высокие несущие частоты порядка 5 ГГц улучшит условия отражения от поверхности земли и уменьшит ошибку в вычислении смещения частоты Доплера. Здесь возможно усреднение по большему количеству периодов, однако здесь происходит ухудшение по излучаемой мощности и площади поверхности антенны, что требует компромиссного решения. Надо отметить, что, так как отражение от поверхности земли связано с поглощением и ухудшает отражённый сигнал на 20 дБ, то отражение от металлических поверхностей будет на 20 дБ выше. Это позволяет определять нахождение таких объектов как танки и артиллерийские установки при $\sigma = 1 \text{ м}^2$ (в реальности эффективная поверхность рассеяния гораздо выше) на дальности $846 \text{ м} \times (100)^{1/4} = 2,675 \text{ км}$. Одновременно, способ определения углового положения, рассмотренный выше, позволит осуществить и наведение на цель. При этом есть возможность определять и скорость движения цели с наведением в упреждающую точку. Таким образом, мы видим, что предлагаемый радио-модуль

имеет высокую помехозащищённость и многофункциональное применение как в качестве средства связи, радиоуправления, так и в качестве обеспечения навигации и радиолокатора.

Соответственно теперь мы должны рассмотреть вопрос о питании радио-модуля в БПЛА. Для БПЛА малой дальности для питания предлагаемого радио-модуля можно использовать аккумуляторную батарею, размещённую на самом устройстве отдельно от общего источника питания на БПЛА, так как время работы

БПЛА мало. При этом передачу информации от радио-модуля к устройствам БПЛА и обратно можно осуществлять через Wi-Fi, устройство которого может быть встроено аналогично тому, как это сделано в смартфоне. Но возможен и иной вариант, когда питание и передачу информации к вращающемуся радио-модулю можно осуществлять через изолированные подшипники, расположенные на оси вращающегося стержня электродвигателя, например, по рисунку 27.

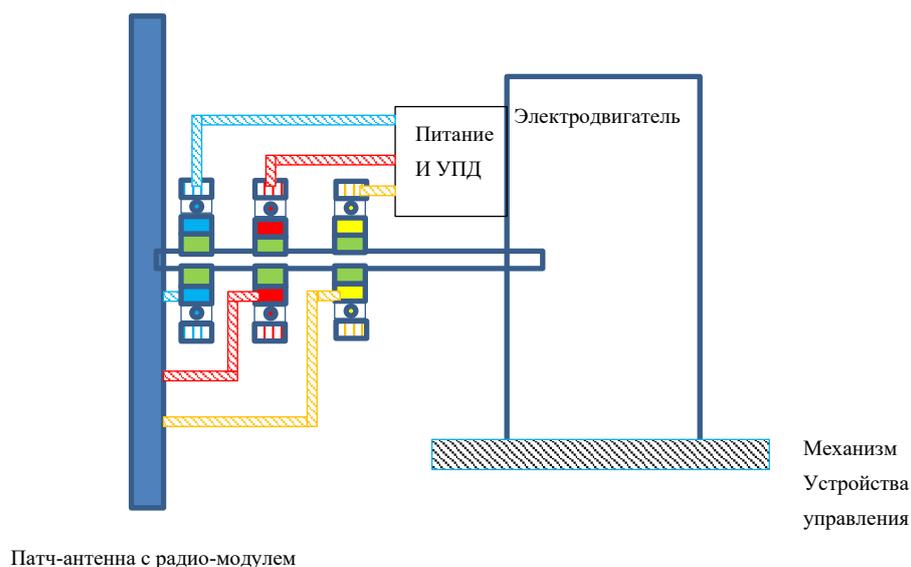


Рис. 27. Схема соединения вращающегося радио-модуля с патч антенной с электродвигателем и механизмом управления по рисунку 22 с передачей данных в устройство передачи данных (УПД) и питанием

Здесь, к внутренней стороне кольца подшипника, который соединён через изолирующее кольцо, впрессованное в металлический стержень вращения, подводится провод напряжения питания или провод передачи данных. Съём напряжения питания происходит с внешнего кольца подшипника через шарики подшипника (для большей площади контакта могут быть ролики). Возможна также схема передачи питания на основе так называемых электрощёток, используемых в электродвигателях, а информация будет передаваться через Wi-Fi. Понятно, что БПЛА могут использоваться для доставки полезного груза участникам военной операции на театре военных действий (ТВД) на территорию противника. И возможна ситуация, когда наличие помех системе навигации не даст возможности определить точно место нахождения. В этом случае, при прибытии в

предполагаемый район, БПЛА формирует сигнал запроса на связь по кодовому сигналу с большим накоплением, и на основании скрытого кодового ответного сигнала начинает определение его местоположения по методу, рассмотренному выше с учётом триангуляционного метода по [3]. На основании определения местоположения происходит движение БПЛА, а запросно-ответная система позволит точно осуществить сброс полезного груза.

Таким образом, в результате проведённого анализа по оптимизации конструкции предлагаемого радио-модуля мы видим, что уже сейчас на основе радиодеталей ширпотреб можно конструировать экспериментальные образцы для проверки возможных режимов работы и даже конструировать АФАР. Кроме того сделанное обоснование конструкции говорит о том, что никакого другого более

перспективного направления развития радио-модуля с учётом помехозащищённости и выполняемых функций просто быть не может. Более того, ни одна зарубежная фирма не сможет поставить такое многофункциональное устройство. Улучшения будут происходить только через создание миниатюрных радиодеталей, в виде микросхем с уменьшением энергопотребления с учётом согласования с частотным диапазоном патч-антенн (возможно в будущем при наличии радиодеталей широкого диапазона частот использовать съёмную конструкцию патч-антенн). Однако и в этом сейчас уже достигнут практически максимум. Одновременно габаритные размеры предлагаемого радио-модуля по длине, ширине и высоте также практически оптимальны и соответствуют современным смартфонам. Потребление мощности цифровых микросхем растёт с повышением частоты, что требует охлаждение через радиаторы, охлаждение также необходимо и для усилителей мощности, а это не позволяет уменьшить размеры радио-модуля по толщине. Вид прямоугольной формы позволяет использовать патч антенны с наличием основного луча антенны в форме эллипса. За счёт этого добавляется функция, обеспечивающая наведение по методу, рассмотренному выше, а также возможно отстройка от источника помех не только традиционными методами, но и за счёт попадания источника помех в точку характеристики диаграммы направленности с нулевым значением.

Литература

1. Рысин А.В., Бойкачёв В.Н., Наянов А.М. Способ быстрой фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) и исключение ошибок, связанных с дискретизацией сигнала по теореме

Котельникова. Науч. журнал. «Обществознание и социальная психология» выпуск 2_2(46) 2023. С. 757-778.

2. Рысин А.В., Бойкачёв В.Н., Наянов А.М., Островский Я.Б. Анализ вариантов блоков радиоуправления для беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Научный международный журнал. «Актуальные исследования», №16(146), 2023, часть 1, стр.9-41.

3. Рысин А.В., Бойкачёв В.Н., Наянов А.М., Островский Я.Б. Обоснование и сравнение функциональных схем радиоуправления для беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в широком диапазоне частот на основе оптимизированных радиотехнических параметров. Научный международный журнал. «Актуальные исследования», №21(151), 2023, часть 1, С.38-81.

4. Рысин А.В., Бойкачёв В.Н., Островский Я.Б. Оптимизация частотной и символьной синхронизации в режиме когерентного накопления по псевдослучайным кодам с целью улучшения помехозащищённости и получением максимальной чувствительности по принимаемому сигналу для управления беспилотными летательными аппаратами (БПЛА). Научный международный журнал. «Актуальные исследования», №33(163), 2023, С.17-35.

5. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%82%D1%87-%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0>

6. Дубровка Ф.Ф., Мартынюк С.Е. Полосковая антенная решётка с воздушным заполнением. Вісник Національного технічного університету України «КПІ» Серія-Радіотеніка. Радіоапаратобудування. 2009, №38.

7. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. – М.: Советское радио. 1966, С.473.

RYSIN Andrey Vladimirovich

radio engineer, ANO “STRC” Technical Committee”, Russia, Moscow

BOYKACHEV Vladislav Naumovich

Candidate of Technical Sciences,
director, ANO “STRC” Technical Committee”, Russia, Moscow

NAYANOV Alexey Mikhailovich

head of the sector, ANO “STRC” Technical Committee”, Russia, Moscow

OSTROVSKY Yakov Borisovich

Candidate of Technical Sciences,
Head of Department, ANO “STRC” Technical Committee”, Russia, Moscow

**OPTIMIZATION AND JUSTIFICATION OF THE DESIGN
OF THE COMMUNICATION AND CONTROL DEVICE FOR UAVS,
TAKING INTO ACCOUNT THE MULTIFUNCTIONAL APPLICATION
WITH THE EXISTING RADIO ELEMENT BASE OF COMMERCIAL USE**

Abstract. *The article presents the design of the optimal UAV radio module for multifunctional use, which allows for cheap production.*

Keywords: *mobile device of communication and radio control, unmanned aerial vehicle, active phased array, microstrip antenna.*

ВОЕННОЕ ДЕЛО

АСЛАНОВ Анвар Раминович

Военный университет им. князя А. Невского Министерства Обороны РФ,
Россия, г. Москва

ПХЕШХОВ Алибек Заурович

Военный университет им. князя А. Невского Министерства Обороны РФ,
Россия, г. Москва

Научный руководитель – кандидат педагогических наук Ерополов Евгений Петрович

МЕТОДИКА РАБОТЫ ОФИЦЕРА-ПОЛИТРАБОТНИКА ПО ПРОФИЛАКТИКЕ РЕЛИГИОЗНОГО ЭКСТРЕМИЗМА В ВООРУЖЁННЫХ СИЛАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Аннотация. В статье рассмотрена методика работы офицера-политработника по профилактике религиозного экстремизма в Вооружённых Силах Российской Федерации, приведены исторические факты, показана реализация методики на практике.

Ключевые слова: офицер-политработник, методика, профилактика, религиозный экстремизм.

В настоящее время актуальность профилактики религиозного экстремизма в Вооружённых Силах Российской Федерации не вызывает сомнения.

Важнейшей, в то же время центральной проблемой в методике работы с военнослужащими, приверженными к крайне радикальным взглядам является различные аспекты взаимодействия с военнослужащими другого вероисповедания. Офицер-политработник при этом делает основной упор на профилактику данного радикального проявления и при помощи поддержки со стороны духовенства и других ведомств ведёт работы по недопущению проявления экстремистских взглядов и наклонностей у военнослужащих.

Методика работы офицера-политработника по профилактике религиозного экстремизма осуществляется в соответствии с нормативно-правовыми актами, конституцией и уставами Вооружённых Сил Российской Федерации, а также в соответствии с другими руководящими документами.

Как известно, экстремизм в самом общем виде характеризуется как приверженность к крайним взглядам и действиям, радикально

отрицающим существующие в обществе нормы и правила, в стремлении переустройства мира в соответствии с религиозными фундаменталистскими взглядами.

Религиозный экстремизм – это обратная сторона любой религии, ее темная, опасная сторона, действующая под видом влечения к религии, зарождающая и развивая безнравственные взгляды и принципы, влекущие вред интересам лиц или целого общества, заключающиеся в разрушении общепризнанных норм морали и права, препятствующие становлению и развитию институтов демократии и гражданского общества.

Религиозный экстремизм, это не что иное как культивируемое современное рабство людей, основанное на промывание мозгов и контролировании сознания человека путем психологического программирования.

Офицер-политработник должен быть все-сторонне развитым, знать нормы и морали не только своей религии, к которой он придерживается, но и принципов атеизма и досконально знать историю, ценности и нормы всех религий, вне зависимости от территориального расположения воинской части.

Во всяком случае важно понимать, что у нас светская страна, не существует какой-либо официальной государственной религии и ни одно из них не признаётся обязательным или предпочтительным.

Главной причиной всё же является отсутствие полноценных знаний об основах религии, независимо от содержания последней. Не важно, идет речь о христианстве, исламе, иудаизме и т.д.

Это, в свою очередь, создает благоприятные условия для идеологических манипуляций со стороны различных внешних сил (сепаратистских политических течений, радикальных террористических группировок, спецслужб иностранных государств).

Основная цель религиозного экстремизма – признание своей религии ведущей и подавление других религиозных конфессий через их принуждение к своей системе религиозной веры. Наиболее ярые экстремисты ставят своей задачей создание отдельных религиозных сект, правовые нормы которого распространены на всех военнослужащих вне зависимости от вероисповедания.

Как определить офицеру-политработнику, что военнослужащий привержен к тем или иным радикальным взглядам? Для этого есть различные тесты, приводящиеся с военнослужащими, для выяснения приверженности личного состава к радикальным взглядам. По результатам теста создаётся так называемая «Группа риска» или «Группа динамического контроля» – военнослужащие, которые должны находиться под контролем, военнослужащие наиболее склонные к девиантному поведению. Чтобы определить приверженность к религиозному экстремизму существуют определенные признаки:

- нетерпимость и жесткость, которые заставляют военнослужащего слепо следовать исключительно своим собственным мнению и предрассудкам и не позволяют экстремисту принимать во внимание интересы других военнослужащих;
- показная и постоянная чрезмерность в религиозном поведении тенденция заставить других поступать так же;
- отказ от следования уставам ВС РФ;
- грубая и резкая манера общения с офицерским и сержантским составом, в жестком и категоричном подходе;

- нарушение военнослужащим распорядка дня, регламента служебного времени, под предлогом религиозных причин;

- несоблюдение единоначалия и отказ от выполнения приказов командиров, которые по мнению экстремиста, унижают его достоинство и нарушают свободу вероисповедования.

Рассмотрев причины, цели признаки можно сделать умозаключение: если уже военнослужащий соответствует все вышеперечисленному, то его вряд ли что-то остановит. Посмотрев назад, на нашу историю, мы можем сказать: если уже человек надевает на себя пояс шахида, то его уже вряд ли что-то остановит, а это, в свою очередь, чаще вытекающие последствия религиозного экстремизма. В связи с этим офицеры-политработники должны проводить профилактику, с целью исключения новых случаев проявления радикальных взглядов среди военнослужащих.

Широкую известность получил инцидент, произошедший в 2010 г. В одной из воинских частей Пермского края, названный журналистами «Исламский бунт». По данным СМИ более ста военнослужащих из мусульманских регионов отказались выполнять приказы офицеров. Хотя факт о случившемся событии был опровергнут военным командованием, все же командир воинской части 11 октября 2010 года в ходе заседания межконфессионального совета, обратился к духовенству региона с просьбой оказании помощи в решении возникшего на территории военной части инцидента.

Этот случай не остался без внимания. Духовенство Пермского края разъяснили этот случай тем, что в воинских частях начали всё больше и больше бороться за свои права военнослужащие, которые не признают никакой власти над собой и порой выходят из-под контроля офицеров. И некоторые свои поступки, будь то отказ от работы или невыполнение приказов командиров, они мотивируют принадлежностью к своей религии. И они даже не задумываются о том, что своими поступками сильно «Подмачивают» образ своей религии в глазах общественности. Офицеры же, в свою очередь не обладая достаточным количеством знаний о религии, о том, что можно делать по религии, а что нельзя – идут на поводу у своих подчинённых. А безнаказанность, в свою очередь, ещё больше подзадоривает солдат. Отсюда – беспредел.

Несмотря на то, что подобные инциденты носят единичный характер, сам факт их

наличия в Вооруженных Силах РФ заставляет всерьез задуматься о достаточности принятых мер по профилактике религиозного экстремизма.

В таких случаях офицер-политработник должен уметь грамотно переводить разговор ссылаясь на закон и принимать решения только исходя из основ, установленных законом, так он распространяется на всех, вне зависимости от вероисповедания.

Часть 4 ст. 8 ФЗ «О статусе военнослужащих» установила, что «военнослужащие не вправе отказываться от исполнения обязанностей военной службы по мотивам отношения к религии». Это требование понятно, так как любая армия утратит боеспособность в случае, если военнослужащие будут иметь возможность в любой заранее непредсказуемый момент не выполнять приказы и иные обязанности военной службы, ссылаясь на религиозные запреты. Если гражданин предполагает, что при прохождении военной службы он может попасть в ситуации, когда исполнение обязанностей военной службы окажется несовместимым с его убеждениями, ему следует заблаговременно заявить о желании реализовать свое право на прохождение альтернативной гражданской службы, которая также предусмотрена законодательством.

Очень эффективным методом в случаях проявления религиозного экстремизма является отправление отъезда по месту рождения или в образовательное учреждение («Письмо на Родину»). Данный метод эффективен тем, что военнослужащие больше всего предостерегаются плохого мнения о них от своих родных и близких, так по окончании военной службы они возвращаются домой. Также существуют другие эффективные методы, это: личный пример; ставить в пример военнослужащих из различных религиозных объединений; оказывать содействие по вопросам вероисповедания.

В качестве профилактики религиозного экстремизма военно-политические работы в тесной взаимосвязи с религиозным духовенством должны проводить следующие мероприятия:

- пастырские встречи и беседы духовных лиц с военнослужащими – своими единовверцами в расположении воинских подразделений, совершение ими коллективных богослужений и некоторых обрядов;
- участие представителей религиозных организаций в мероприятиях, направленных на воспитание у военнослужащих

нравственной мотивации исполнения своего гражданского долга, формирование нравственно-психологической устойчивости в боевой обстановке и чрезвычайных ситуациях;

- сотрудничество в осуществлении мероприятий по социальной защите военнослужащих и членов их семей, ветеранов войн.

Итак, в качестве профилактики религиозного экстремизма деятельность офицера-политработника должна способствовать созданию атмосферы взаимопонимания и уважения между представителями различных верований, обеспечивающей сплочение коллектива и предотвращающей возникновение ситуаций, в которых возможны проявления религиозного экстремизма.

Офицер-политработник в этой стези должен:

- способствовать проведению мероприятий с участием военнослужащих при соблюдении их прав на свободу совести и свободу вероисповедания религиозных обрядов и церемоний;
- принимать участие в планировании, организации и проведении духовно-просветительной работы с военнослужащими;
- содействие командирам (начальникам) в проведении мероприятий духовно-просветительной работы, профилактике религиозного экстремизма;
- участие в укреплении духовно-нравственных основ военной службы, здорового климата в воинских коллективах и семьях военнослужащих.

Литература

1. Федеральный закон от 25 июля 2002 г. № 114-ФЗ «О противодействии экстремистской деятельности».
2. Большая актуальная политическая энциклопедия / Беляков А.В. и др. – М.: Эксмо, 2009. – 424 с.
3. Военная политология. – М.: ИД «Красная звезда», 2006. – 400 с.
4. Перенджиев А.Н. Антитеррористическая политика России и ее институты безопасности: Научная монография. – Химки: АГЗ МЧС России, 2017. – 151 с.
5. Погорельский Д.Е. Политология / Д.Е. Погорельский, В.Ю. Фесенко, К.В. Филиппов; Под общ. ред. С.Н. Смоленского. – М.: Эксмо, 2008. – 320 с.

6. Политика и практика противодействия экстремизму. Монография. – М.: ООО «Белый Ветер», 2017. – 394 с.

7. Политика противодействия экстремизму. Учебное пособие. – М.: ООО «Белый Ветер», 2019. – 338 с.

8. Политика противодействия экстремизму: учебник / Кошкин А.П., под ред., Бучкова А.И., Волкова А.Е., Горин Д.Г., Давыдова Ю.А., Евсеев В.О., Каверина Н.А., Нечаев Д.Н.,

Перенджиев А.Н. – Москва: КноРус, 2021. – С. 34.

9. <https://structure.mil.ru/management/minister.htm>

10. <http://pobeda.ru/>

11. <https://cyberleninka.ru/>

12. <http://otvaga2004.ru/>

13. <https://www.garant.ru/>

14. <https://news.rambler.ru/>

15. <https://newsland.com/>

ARSLANOV Anvar Razinovich

Military University of the Ministry of Defense of the Russian Federation,
Russia, Moscow

PESHKHOV Alibek Zaurovich

Military University of the Ministry of Defense of the Russian Federation,
Russia, Moscow

Scientific Advisor – Candidate of Pedagogical Sciences Eropolov Evgeny Petrovich

METHODS OF WORK OF A POLITICAL OFFICER ON THE PREVENTION OF RELIGIOUS EXTREMISM IN THE ARMED FORCES OF THE RUSSIAN FEDERATION

Abstract. *The article discusses the methodology of the work of a political officer on the prevention of religious extremism in the Armed Forces of the Russian Federation, provides historical facts, shows the implementation of the methodology in practice.*

Keywords: *political officer, methodology, prevention, religious extremism.*

БАЙРАМОВ Рашад Бахышович

Военный университет им. князя А. Невского Министерства обороны РФ,
Россия, г. Москва

АСЛАНОВ Анвар Раминович

Военный университет им. князя А. Невского Министерства обороны РФ,
Россия, г. Москва

**СОЗДАНИЕ ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ВОСПИТАНИЯ
И ОБУЧЕНИЯ «ЧУДО БОГАТЫРЕЙ» ГЕНЕРАЛИССИМУСОМ
АЛЕКСАНДРОМ ВАСИЛЬЕВИЧЕМ СУВОРОВЫМ**

***Аннотация.** В статье рассматриваются аспекты внедрения активных методов обучения в военном образовании. Особое внимание уделяется периоду реформ в армии, начиная с 1762 года, когда была организована армейская реформа под руководством П.С. Салтыкова. Эти реформы стали отправной точкой для изменений в системе военного обучения и воспитания солдат.*

***Ключевые слова:** воспитание, обучение, педагогическая система военная педагогика, высшая военная школа, военно-педагогическая теория, военно-педагогическая практика, педагогическая система.*

Сегодня в методике преподавания очень часто осуществляется применение активных форм обучения. Для таких форм и методов характерно быть направленными на то, чтобы сформировать у обучающегося возможность в самостоятельном, творческом осуществлении поиска источников со знаниями и навыками.

Когда используются данные методы, для преподавателя характерно выступать в качестве организатора, модератора, когда реализуется данная деятельность.

Интересным представляется и то, что применение таких методик активно осуществляется А. В. Суворовым.

Известность представленного выше полководца распространена не только по нашему государству, но и во всем мире, поскольку А. В. Суворовым не было проиграно ни одно сражение.

Этим фактом он известен по всему миру, однако не так много уделяется внимания созданным им методикам воспитания и обучения личного состава подразделений.

Рассмотрим некоторые аспекты.

Не секрет, что в середине XVII века и у нас в стране и во многих других европейских странах солдат рассматривали в первую очередь как механизм, который должен действовать автоматически.

Немногие генералы подвергали критике данные взгляды в частности в подготовки солдат, но и военное искусство в целом.

Никто и никогда не думал, что необходимо изменить данную систему, в соответствии с которой подготавливаются солдаты, формирование которой было осуществлено, учитывая палочную дисциплину.

1762 год стал знаменательным в плане прихода в соответствии с царствованием Екатерины Великой, в результате чего произошла кардинальная смена ситуации. Была организована реформа в армии. Была создана комиссия, которую возглавлял П.С. Салтыков. Екатериной Великой армейская реформа была проведена в соответствии с рекомендациями Петра I.

Именно таким образом осуществляется формирование определенных условий, в соответствии с которыми полководцы стали наиболее инициативными, самостоятельно принимали решения.

Осуществлена подготовка возможностей исследовать систему, в соответствии с которой воспитывались и обучались военнотружущие. Внедрение подобных разработок было начато А. В. Суворовым.

Военная педагогика России характеризуется решением на сегодняшний день только самых сложных и важных проблем – крайне важно с

научной стороны обосновать процесс, при котором подготавливаются офицерские кадры, которые обладают способностью успешного решения задач, связанных с тем, чтобы обеспечить национальную государственную безопасность, когда требуется сформировать такую систему с военным образованием, для которой характерно соответствовать новым структурам с приоритетным задачам, которые выполняют Вооруженные Силы Российской Федерации.

В соответствии с исследованиями Н. М. Карамзина, стоит отметить, «что настоящее выступает в качестве следствия того, что происходило в прошлом, когда оценивается первое, крайне важно обратить на то, что имеем последним – одно дополняет другое, а вместе становится наиболее понятным».

В качестве первых результатов деятельности, направленной на то, чтобы внедрить новую систему с воспитанием, стоит отметить достижения, представленные в больших научных трудах А. В. Суворова – в «Полковом учреждении», написанном от 1764 года.

В соответствии с представленными трудами осуществлено формирование положений, на основе которых была создана современная на тот момент передовая школа, в которой люди обучались военному искусству.

В соответствии с представленным вопросом Суворов писал: «Не надлежит мыслить, что слепая храбрость дает над неприятелем победу, но единственно смешанное с оною военное искусство».

Такие труды были направлены на то, чтобы воспитать и обучить войска. Новая педагогическая теория, а также теория воспитания была основана в соответствии с тем, что для солдата

важно пониманием того, что он изучает и чему учится, какие навыки получается и для него они могут понадобиться, когда реализуется служебная деятельность.

В качестве ключевого аспекта данного комплекса стоит отметить наличие наглядного примера. Если применять такой метод, осуществляется выработка уверенности в собственных силах и вооружении.

При применении данных способов и методов, которые позволяют воспитывать обучающихся, для Суворова было характерно выступать в качестве примера.

Так для него было характерно ведение достаточно простого образа жизнедеятельности. Его стол содержал еду точно такую же, как и на солдатском столе, он вставал в раннем утре, не как солдаты, характеризовался простой одеждой, приятным общением с каждым солдатом, обращался ко многим по имени и знал фамилию, даже вопреки расположению на больших и высоких постах.

Литература

1. Барабанщиков А.В. Военно-педагогическая диагностика (теория, опыт, проблемы). М., 1995. – С. 108.
2. Военная педагогика: учебник для военных вузов / под ред. О.Ю. Ефремова. СПб.: Питер, 2015. – С. 755.
3. Загваздина Т.Г. Отбор содержания гуманитарных дисциплин с ориентацией на его развивающий потенциал: дис...кан. пед. наук. – Тюмень, 1996.
4. Жилин П.А. Военно-теоретическое наследие А.В. Суворова // Жилин П.А. О войне и военной истории. М., 1984. – С. 487-492.

BAYRAMOV Rashad Bakhyshevich

Military University of the Ministry of Defense of the Russian Federation,
Russia, Moscow

ARSLANOV Anvar Razinovich

Military University of the Ministry of Defense of the Russian Federation,
Russia, Moscow

**CREATION OF A PEDAGOGICAL SYSTEM OF EDUCATION
AND TRAINING OF "MIRACLE HEROES" BY GENERALISSIMO
ALEXANDER VASILYEVICH SUVOROV**

Abstract. *The article discusses aspects of the introduction of active teaching methods in military education. Special attention is paid to the period of reforms in the army, starting from 1762, when the army reform was organized under the leadership of P.S. Saltykov. These reforms became the starting point for changes in the system of military training and education of soldiers.*

Keywords: *education, training, pedagogical system military pedagogy, higher military school, military pedagogical theory, military pedagogical practice, pedagogical system.*

КРОПОТОВ Владислав Леонидович

заместитель командира взвода факультета радиолокационных станций малых высот, Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны, Россия, г. Ярославль

ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ СРЕДСТВАМ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ КОСМИЧЕСКОГО БАЗИРОВАНИЯ

***Аннотация.** Автором описаны особенности поддержки принятия решений при организации противодействия средствам радиолокационной разведки космического базирования, проведен анализ особенностей существующего подхода к принятию решений, представлены основы порядка функционирования разработанной системы поддержки принятия решений.*

***Ключевые слова:** система поддержки принятия решений, средства разведки космического базирования, мероприятия противодействия.*

Современный бой характеризуется быстрым и резким изменением обстановки, ведением боевых действий на большой территории и многообразием применяемых средств борьбы, поэтому использование достоверных разведывательных сведений о наших силах, средствах и характере действий позволяет противоборствующей стороне успешно решать задачи по предназначению. Опыт военных конфликтов последних лет показывает, что для получения оперативных разведывательных сведений активно используются средства космической разведки. Так, в ходе боевых действий в Сирии активно используется космическая разведка, позволяющая выяснить местоположение объектов террористической группировки «Исламское государство» и получить данные о результатах атак. При пролете одного космического аппарата (КА) видовой разведки просматривается территория Сирии шириной порядка 400 км. Использование Российской Федерацией космической группировки позволило получить стратегическую картину положения войск сирийской армии и иранского ополчения, а также пунктов, которые удерживались боевиками террористической группировки. На основе этих данных с помощью КА системы ГЛОНАСС были определены координаты объектов, по которым наносились воздушные удары.

Размещение средств разведки на борту КА позволяет наблюдать любой объект на территории страны, не нарушая законодательства, поскольку международно признаваемый суверенитет государств распространяется только

на воздушное пространство над территорией государства. К числу основных преимуществ космической разведки относятся: глобальность наблюдения; беспрепятственный пролет над любым районом земной поверхности; относительно короткое время разведки заданных районов или объектов; высокая частота наблюдения. Среди существующих видов разведки космического базирования (КБ) большое практическое применение получила радиолокационная разведка (РЛР). Современные системы РЛР КБ оснащены бортовыми радиолокаторами с синтезированной апертурой антенны (далее – РСА). В свою очередь мероприятия противодействия (МП) системам разведки выбираются в зависимости от быстро меняющейся обстановки. При планировании противодействия командир должен оценить степень скрытности военных действий, а также возможности разведывательных средств по обнаружению. В отличие от воздушных средств РЛР, траектория полета которых неизвестна, местоположение КА на орбите и координаты подспутниковых точек рассчитываются по данным траекторных измерений или по расчетным параметрам орбит. Ведение разведки средствами РЛР КБ осуществляется в заранее прогнозируемые интервалы времени, что дает возможность планировать и проводить МП им, позволяя повысить скрытность действий своих сил. Неизвестными остаются время включения и режим работы РСА, а также его возможности по обнаружению конкретных объектов, поэтому принятие решений командиром на организацию

противодействия средствам РЛР КБ осуществляется без их учета.

Для выработки рекомендаций и обоснования принимаемых решений широко используются автоматизированные имитационно-моделирующие комплексы. Применение данных комплексов позволяет принимать решения не только в отношении одного образца вооружения, но также обеспечивает решения в составе частей, соединений и группировок войск. Примерами существующих имитационно-моделирующих комплексов являются: автоматизированная система анализа эффективности зенитных ракетных комплексов «Атлант»; комплекс планирования боевых действий соединений и частей системы противовоздушной обороны «Редут»; комплекс математических моделей «Селигер»; объединенная система моделирования боевых действий JWARS (JointWarfareSystem); система моделирования военных действий «Неман»; программная система моделирования боевых действий на базе программной оболочки «Модель-Сфера».

Основными преимуществами существующих систем являются: возможность нанесения на цифровую карту местности (ЦКМ) тактической обстановки в режиме реального или модельного времени (представление физического времени в модели); возможность сравнительного анализа различных образцов вооружения и альтернативных вариантов построения группировок противовоздушной обороны (ПВО) из комплексов различных типов при решении боевой задачи прикрытия наземных объектов; выработка рекомендаций по эффективным способам боевой работы группировки ПВО и отдельных зенитных ракетных комплексов при отражении налетов; оценка боевого состава и возможностей средств противника, прогнозирование его ударов; оценка боевого состава и возможностей своих сил и средств; организация планирования технического и тылового обеспечения.

Недостатками, присущими существующим системам, являются: невозможность внесения корректировки и изменений в имитационные модели, как своих технических средств, так и технических средств противника; невозможность внесения изменений в алгоритмы моделирования тактики действий противника и действий своих сил. Таким образом, актуально применение разработанной системы поддержки принятия решений (СППР) при организации противодействия средствам РЛР КБ.

СППР позволяет оценить эффективность возможных решений при организации противодействия средствам РЛР КБ и на этой основе выработать рекомендации по организации МП, уменьшить время, затрачиваемое на принятие решений при организации противодействия средствам РЛР КБ, оснащенным РСА. Отличительными особенностями данной СППР являются возможность отображения на ЦКМ оперативной обстановки, проведения имитационных экспериментов с моделями КА, скрываемого объекта и обработки их результатов. Разработанная СППР содержит следующие функциональные элементы: базу данных СППР, модель движения КА, модель формирования зон обзора РСА, модель скрываемого объекта, модель прогнозирования степени опасности обнаружения, модуль выработки рекомендаций для принятия решений на проведение МП. СППР обеспечивает получение ответов на следующие вопросы: какова степень опасности обнаружения скрываемого отдельного объекта или групп объектов; какой эффект будет получен при выполнении того или иного МП; каковы затраты времени и ресурсов на выполнение проводимых МП; как обеспечить скрытность перемещения мобильных объектов и др.

Эффективность выбора МП и последующего скрытия объектов оцениваются с помощью достаточно точного прогностического имитационного моделирования самого процесса разведки. Принятие решений на выбор МП средствам РЛР КБ предполагает количественную оценку его эффективности для конкретных условий складывающейся обстановки. Оценка выполняется на основе расчета векторного показателя, обеспечивающего всестороннюю оценку каждого из мероприятий с точки зрения таких его частных свойств, как результативность, оперативность и ресурсоемкость. Структура разработанной СППР реализованы таким образом, чтобы обеспечить наилучшее взаимодействие с ЛПР (рисунок). Применение СППР позволяет устранить недостатки, присущие существующему подходу к противодействию: невозможность оценить эффективность существующих МП; принятие решений на противодействие на основе предпочтений и опыта ЛПР.

Режим отображения на ЦКМ фактических (обобщенных) зон обзора РСА (рисунок а, б) для различных режимов работы предоставляет возможность проведения имитационных экспериментов с разработанными моделями, наглядного отображения процесса ведения разведки средствами РЛР КБ.

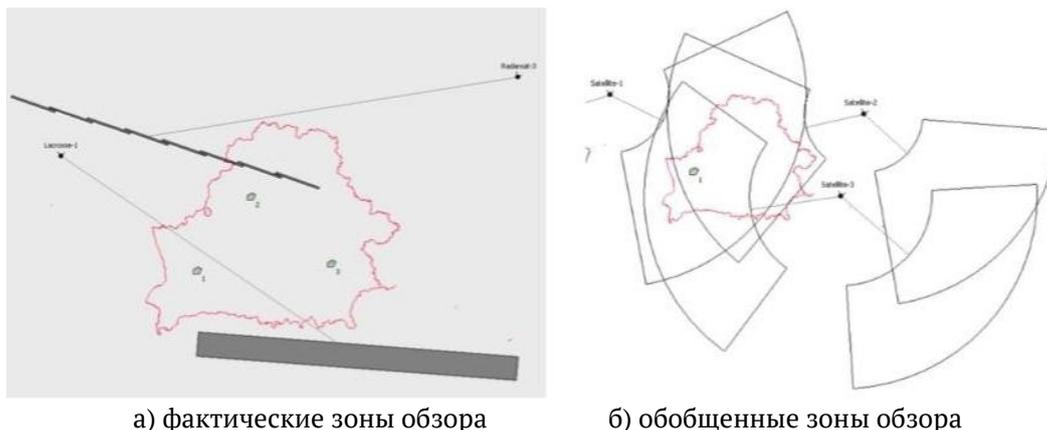


Рис. Отображение зон обзора космического аппарата на цифровой карте местности

При этом в моделях реализованы случайный выбор режима работы РСА, стороны обзора (правосторонний или левосторонний), случайный выбор скрываемых объектов, размещенных на ЦКМ, с учетом или без учета степени важности, что дает возможность оценить эффективность противодействия в условиях неопределенности. Режим экспресс-расчета СППР позволяет провести несколько прогонов моделей в рамках одного имитационного эксперимента. Данный режим обеспечивает возможность оперативного получения результатов имитационных экспериментов, организации противодействия средствам радиолокационной разведки космического базирования.

Принятие решений с помощью СППР учитывает следующие факторы: особенности формирования зон обзора в различных режимах работы РСА; взаимное положение и кратность перекрытия зон обзора орбитальной группировки КА; длительность пребывания скрываемых объектов в зонах обзора КА, что, в свою очередь, позволяет повысить эффективность принимаемых решений на 12–50 % в сравнении с существующим подходом к противодействию.

Литература

1. День космических войск РФ: спутники-разведчики стали мощной опорой России в Сирии [Электронный ресурс] / Третья мировая война: военно-политическое обозрение. – 04.10.2016.
2. ВВС РФ использует в Сирии авиабомбы, корректируемые по ГЛОНАСС [Электронный ресурс] / Антитеррористическая операция России в Сирии. – 03.10.2015
3. Справочник офицера военно-воздушных сил и войск противовоздушной обороны / под ред. И. П. Азаренка. – Минск : Командование ВВС и войск ПВО, 2010. – 511 с.
4. Харин, Ю. С. Математические и компьютерные основы статистического моделирования и анализа данных : учеб. пособие / Ю. С. Харин, В. И. Малюгин и др. – Минск : Белорус. гос. ун-т, 2008. – 455 с.
5. Германович, И. П. Показатели эффективности организации противодействия средствам радиолокационной разведки космического базирования при обнаружении группы скрываемых объектов / И. П. Германович, С. В. Акулич // Сб. науч. ст. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2015. – № 28. – С. 65–72.
6. Германович, И. П. Математическая модель прогнозирования степени опасности обнаружения скрываемых объектов средствами радиолокационной разведки космического базирования // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2013. – № 2(39). – С. 73–78.
7. Акулич, И. П. Поддержка принятия решений при организации противодействия средствам радиолокационной разведки космического базирования : дис. ... канд. техн. наук : 20.02.12 / И. П. Акулич. – М., 2017. – 183 л.

KROPOTOV Vladislav Leonidovich

Deputy platoon commander of the faculty of low-altitude radar stations,
Yaroslavl Higher Military School of Air Defense, Russia, Yaroslavl

DECISION-MAKING SUPPORT FOR COUNTERMEASURES AGAINST SPACE-BASED RADAR RECONNAISSANCE SYSTEMS

***Abstract.** The author describes the peculiarities of decision-making support while organizing counteraction against space-based radar reconnaissance facilities, analyzes the existing approach to decision-making, presents the basis for the functioning of the developed decision-making support system.*

***Keywords:** decision-making support system, space-based countermeasures, countermeasures.*

ПХЕШХОВ Алибек Заурович

Военный университет им. князя А. Невского Министерства обороны РФ,
Россия, г. Москва

Научный руководитель – кандидат педагогических наук Ерополов Евгений Петрович

ИСТОРИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТРАДИЦИЙ В РОССИЙСКОЙ АРМИИ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы воспитания военнослужащих и военно-патриотического воспитания в контексте современных требований к оборонной готовности и безопасности государства. Также статья обращает внимание на значение традиций и обычаев вооруженных сил как важного элемента военного воспитания.

Ключевые слова: воспитание военнослужащих, традиции, морально-психологические качества, безопасность, социокультурное наследие, духовные ценности.

Воспитание военнослужащих – это целенаправленная и планомерная деятельность государства и общества, ведомственных, общественных и иных организаций, а также органов военного управления и должностных лиц Вооруженных Сил по формированию и развитию личности военнослужащих в соответствии с требованиями функционирования современной военной организации государства, обеспечения готовности военнослужащих к выполнению задач по предназначению в интересах обеспечения обороны и безопасности личности, общества и государства [1].

Военно-патриотическое воспитание – это многоплановая систематическая целенаправленная и скоординированная деятельность государственных органов, общественных объединений и организаций по формированию у молодежи высокого патриотического сознания, возвышенного чувства верности своему Отечеству, готовности к его защите как важнейшей конституционной обязанности в отстаивании национальных интересов Российской Федерации и обеспечении её военной безопасности перед лицом внешних и внутренних угроз [2].

Поднимая вопрос о воспитании молодежи, граждан нашего государства, военнослужащих, необходимо взять за основу концепцию военно-патриотического воспитания, утвержденную еще в 1998 году. В Концепции военно-патриотического воспитания молодежи отражены основные направления, цели, задачи, структура воспитания подрастающего поколения, где акцент ставится на формирование

развитие гражданственности, патриотизма как важнейших духовно-нравственных и социальных ценностей, формирование у личности профессионально значимых качеств, умений и готовности к их активному проявлению в различных сферах жизни общества, особенно в процессе военной и других, связанных с ней, видов государственной службы, верности конституционному и воинскому долгу в условиях мирного и военного времени, высокой ответственности и дисциплинированности.

Система военно-патриотической работы представляет собой установленные или сложившиеся порядок, содержание воспитательной деятельности на всех ее уровнях, начиная с первичного коллектива, группы и заканчивая высшими органами управления. Назначение системы состоит в обеспечении на практике комплексного учета всех факторов, влияющих на военно-патриотическое воспитание, в создании необходимых условий и механизмов, способствующих повышению эффективности в процессе выполнения им задач в интересах общества, государства, укрепления Вооруженных Сил РФ, других войск, воинских формирований и органов.

Любая армия мира имеет свои традиции, которые сложились и поддерживаются в течение продолжительного исторического периода и переходят от поколения к поколению.

История традиций и обычаев уходит своими корнями вглубь веков и оказывает огромное влияние на социум, в особенности на военную службу. Опора на славные традиции

Российских Вооруженных Сил позволяет поднять на новый качественный уровень весь процесс обучения войск, вдохнуть свежие силы в работу по воспитанию высоких морально-психологических и боевых качеств защитников Отечества [3].

Существует большое количество определенных понятия «традиция» (от лат. *traditio* – «передача»). Наиболее полно оно определяется как элементы социального и культурного наследия, передающиеся от поколения к поколению и сохраняющиеся в определенных обществах, классах и социальных группах в течение длительного времени. Следовательно, в качестве традиций могут выступать общественные установки, нормы поведения, социальные и культурные ценности, идеи, обычаи и т. п.

Средства передачи традиций – язык (письменные и устные источники: легенды, мифы, фольклор, символические тексты) и действия людей, представляющие собой практическое повторение образцов поведения.

Традиции в обществе выполняют важные функции: обеспечивают преемственность опыта от поколения к поколению, являются информационным каналом связи поколений для передачи идей, духовных ценностей, образцов одобряемого обществом поведения, которые прошли исторический отбор. В качестве традиции могут передаваться определённые нормы и правила поведения, обычаи и обряды, вкусы и взгляды разных поколений [4].

Традиции действуют во всех областях общественной жизни. В военной сфере традиции находят свою специфическую разновидность – воинские традиции. Под понятием «воинские традиции» понимаются устойчивые, исторически сложившиеся, передаваемые из поколения в поколение специфические формы общественных отношений в армии и на флоте в виде порядка, правил и норм поведения военнослужащих, их духовных ценностей, нравственных установок и обычаев, проявляемых в боевой обстановке, а также связанных с выполнением учебно-боевых задач, организацией военной службы и воинского быта [3].

Воинские традиции основаны на воинском воспитании, которое неразрывно связано с государственно-патриотическим, правовым,

нравственным, экономическим, физическим, экологическим и другими направлениями воспитания военнослужащих. Все они являются составными частями воинского воспитания и представляют собой содержательную сторону единого процесса военно-профессионального воспитания военнослужащих.

Вместе с тем воинское воспитание является стержневым, приоритетным направлением, системообразующим элементом системы воспитания военнослужащих. Это обуславливается тем, что армия и флот, военно-учебные заведения призваны готовить прежде всего военного-профессионала, способного в мирных и боевых условиях успешно выполнять свои должностные обязанности. Все другие направления воспитания призваны, в конечном итоге обеспечивают формирование и развитие у военнослужащих тех морально-боевых и профессиональных качеств, которые необходимы для успешного несения военной службы [5].

Литература

1. Алёхин, И.А. Воспитание будущих офицеров в духе преданности престолу и отечеству в военных вузах России в начале XX в. / И.А. Алёхин, Е.Г. Гужва // Мир образования – образование в мире. – 2015. – № 4. С. 167.
2. Домбровская, И.И. Педагогические условия эффективности подготовки будущих офицеров к воспитанию гражданственности у военнослужащих / И.И. Домбровская, Т.В. Некрасова // Национальные приоритеты России. Серия 1: Наука и военная безопасность. – 2016. – № 1 (4). С. 156.
3. Днепров, С.А. Важнейшие нравственные ценности воинской деятельности / С.А. Днепров, С.А. Одинцов // Педагогическое образование и наука. – 2014. – № 4. С. 166.
4. Гужва, Е.Г. Возрождение нравственных традиций в Красной армии в годы Великой отечественной войны / Е.Г. Гужва // Вестник МГИМО университета. – 2015. – № 3. С. 89.
5. Дудулин, В.В. Воинские традиции – основа духовно-нравственного воспитания курсантов в современной армии / В.В. Дудулин // Мир образования – образование в мире. – Научно – методический журнал. – 2013. – № 3. С. 51.

PESHKHOV Alibek Zaurovich

Military University of the Ministry of Defense of the Russian Federation,
Russia, Moscow

Scientific Advisor – Candidate of Pedagogical Sciences Eropolov Evgeny Petrovich

HISTORICAL CONDITIONS OF FORMATION AND FUNCTIONING OF TRADITIONS IN THE RUSSIAN ARMY

Abstract. *The article deals with the issues of education of military personnel and military-patriotic education in the context of modern requirements for defense readiness and security of the state. The article also draws attention to the importance of traditions and customs of the armed forces as an important element of military education.*

Keywords: *education of military personnel, traditions, moral and psychological qualities, safety, socio-cultural heritage, spiritual values.*

СУЛЕЙМАНОВ Эльдар Магомедович

курсант, Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации,
Россия, г. Пермь

ДАМАСКИН Александр Викторович

научный руководитель, преподаватель,
Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации,
Россия, г. Пермь

АНАЛИЗ ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКТОВ РАЗВЕДКИ И РАЗМИНИРОВАНИЯ

Аннотация. Данная статья посвящена анализу опыта применения комплектов разведки и разминирования, их сравнению по комплектации и условиям применения в силовых структурах Российской Федерации и иностранных государствах.

Ключевые слова: комплект разведки и разминирования, разминирование, КР-И, КР-О, КР-Е, EOD.

Разведка минных заграждений является одной из важных задач инженерной разведки, осуществляемой в интересах обеспечения боевых действий войск.

Комплект разведки и разминирования является инженерным имуществом, предназначенным для поиска, обозначения и, в некоторой степени, уничтожения мин. Вместе с тем, этот комплект, принятый на снабжения в конце пятидесятых – начале шестидесятых годов, и сегодня находит самое широкое применение при поиске мин. Комплект КР изготавливается и

поставляется в войска в двух своих вариациях – КР-И и КР-О. Первый из них предназначен для подразделений инженерных войск, второй для всех остальных родов войск (общевойсковой комплект).

Комплект разминирования единый (КР-Е) предназначен для проделывания проходов и разминирования местности и объектов вручную. Он разработан взамен комплекта КР-И.

Состав комплектов средств разведки и разминирования [2] представлен в таблице.

Таблица

Состав комплектов средств разведки и разминирования КР-И, КР-О, КР-Е

Комплектность КР-И:	Комплектность КР-О:	Комплектность КР-Е:
Щупов сборных – 6 шт.	Щупов сборных – 3 шт.	Щупов сборных – 4 шт.
Кошки со шнуром длиной 30 м – 3 шт.	Кошки со шнуром длиной 30 м – 3 шт.	Кошки со шнуром длиной 30 м – 3 шт.
Флажки на стойках – 60 шт.	Флажки на стойках – 30 шт.	Флажки на стойках – 30 шт.
Сумки для щупов и флажков – 6 шт.	Сумки для щупов и флажков – 3 шт.	Сумки для щупов и флажков – 3 шт.
Катушки с черно-белой лентой длиной 100 м – 2 шт.	–	Катушки с черно-белой лентой длиной 100 м – 2 шт.
Чехлы для катушек – 2 шт.	–	Чехлы для катушек – 2 шт.
Ножницы для резки колючей проволоки большие – 1 шт.	Ножницы для резки колючей проволоки большие – 1 шт.	Ножницы для резки колючей проволоки большие – 1 шт.
Ящик укладочный – 1 шт.	Ящик укладочный – 1 шт.	Ящик укладочный – 1 шт.

Комплекты средств разведки и разминирования КР-И, КР-О, КР-Е предназначены для обнаружения, обозначения и снятия с места установки противотанковых, противопехотных мин и мин-ловушек.

Состав комплекта обеспечивает экипировку саперного отделения для выполнения задач по проделыванию и уширению проходов в минных полях и сплошного разминирования местности.

Разумеется, данный комплект не может обеспечить выполнение всех боевых задач по поиску и уничтожению (обезвреживанию) мин. Данный минимальный комплект обеспечивает обнаружение многих типов противотанковых и противопехотных мин, уничтожение подрывом противопехотных мин натяжного действия, обозначение на местности обнаруженных мин, ограждение разведанных полос, проделывание проходов в проволочных заграждениях, проверку мин на неизвлекаемость.

Практика выполнения служебно-боевых задач в российских условиях показала, что ни один из указанных комплектов не может быть признан универсальным для всей территории России. К сожалению, специфика выполнения задач в конкретном регионе выдвигает свои требования к составу комплекта.

В частности, в западных регионах России значительную часть ВОП составляют боеприпасы, оставшиеся после Великой Отечественной войны. В восточных регионах страны такой класс ВОП, естественно, отсутствует. В южных регионах ВОП представлены в виде современных несработавших артиллерийских и авиационных боеприпасов, современных инженерных мин и самодельных взрывных устройств (включая гранаты на растяжке и устройства с активированными электронными и электромеханическими взрывателями). В северных регионах с относительно низкими среднегодовыми температурами воздуха основную массу ВОП, особенно зимой, составляют ручные гранаты и взрывные устройства с взрывателями механического типа. В населенных пунктах, за исключением южных регионов, довольно редко используются взрыватели с натяжными датчиками цели.

Саперы используют КР-И как часть своего противоминного снаряжения и дополняют его миноискателями (1-3 миноискателя ИМП), подрывными машинками КПМ-1, КПМ-3, ПМ-4, сумками минера-подрывника СМП (6-8 шт.), катушками с саперным проводом СПП-2 (не менее 200м.), накладными тротильными зарядами из 400-граммовых шашек, комплектом стандартных знаков минных проходов и другим требуемым снаряжением. Комплект КР-О используется мотострелковыми и танковыми подразделениями. КР-О дополняется только 1-2 сумками минера-подрывника, несколькими тротильными шашками и средствами взрывания для огневого способа взрывания.

Рассмотрим зарубежные аналоги комплектов разведки и разминирования, используемые иностранными подразделениями.

Комплект Down Range был разработан с учетом основных требований технических специалистов. В этот набор входят следующие инструменты:

1. Разгрузочная платформа на бедро.
2. Нож Gerber Prodigy с фиксированным клинком.
3. Gerber DET Мультиитул.
4. Резак для трубок / предохранителей.
5. Инструмент для зачистки проводов.
6. Выдвижной Хранитель Снаряжения.
7. Электроизоляционная лента.
8. Тестер непрерывности Buzz-Mo.
9. Пластиковая лопатка.
10. Керамический нож с отламывающимся лезвием.

Набор инструментов 1-й линии BTS – EOD разработан для помощи специалистам по обезвреживанию боеприпасов и бомб. В этот набор входит более 20 предметов, в числе которых есть все необходимое для многих приложений. Комплект упакован в прочный чехол molle.

Сумка EOD Molle – сделано в США:

1. Набор отверток 4 в 1.
2. Плоскогубцы Robogrip 7.
3. Военная мини-паяльная лампа TurboFlame.
4. Развертка по металлу.
5. Маркер Markal All Surface Marker.
6. Смотровое зеркало, круглое, 1 дюйм.
7. Прецизионный нож.
8. Щипцы 6 дюймов, прямые.
9. Хирургические ножницы ЕМТ.
10. Смотровое зеркало – 2 «х3».
11. Ножницы с керамическими лезвиями.
12. Керамический нож с фиксированным лезвием.
13. Мини-монтажка.
14. Эпоксидная смола – 2 части.
15. Смесительные насадки – 2 шт.
16. Spudger.
17. Пинцет с защитой от электростатических разрядов, тонкий наконечник.
18. Всепогодный тактический карманный блокнот Rite in the Rain.

Валы изготовлены из титана. Их общая длина составляет 76,2 см. Важно отметить, что валы достаточно чувствительны для передачи даже малейшего контакта. Сменные измерительные наконечники изготовлены из Delrin®, который является непроводящим материалом.

В комплект входит черный баллистический нейлоновый чехол, который крепится к Н-образному ремню, сетчатому ремню или жилету Molle (общая длина 76,2 см.), титановые валы, передающие крошечные вибрации, не проводящие наконечники, веб-ремень, жилет Molle. Тип корпуса: Н-образная привязь. Материал корпуса: баллистический нейлон [3].

Из результатов проведенного анализа следует, что отечественные комплекты, которые находятся на вооружении в Вооруженных Силах Российской Федерации, в том числе в Федеральной службе войск национальной гвардии Российской Федерации, имеют широкое применение на открытой местности в полевых условиях, однако минимальная комплектность не позволяет выполнять боевые задачи в городской среде также эффективно.

Зарубежные аналоги имеют более широкую номенклатуру комплектов и снаряжения, что повышает эффективность выполнения служебно-боевых задач в городских условиях.

Литература

1. Машевский, В.Ф. Руководство по подрывным работам / В.Ф. Машевский. – М.: Воениздат, 1968. – 464 с.
2. Вареньшев, Б.В. Руководство по подрывным работам / Б.В. Вареньшев, К. Н. Дубинин, И. П. Мудрагей. – М.: Воениздат, 1982. – 232 с.
3. Blasters Tool & Supply Co., Inc [Электронный ресурс] URL: <https://www.blasterstool.com/eodmilitarylaw.aspx> (дата обращения 01.11.2020).

SULEYMANOV Eldar Magomedovich

Cadet, Perm Military Institute of the National Guard of the Russian Federation,
Russia, Perm

DAMASKIN Alexander Viktorovich

Scientific Advisor, Teacher,
Perm Military Institute of the National Guard of the Russian Federation,
Russia, Perm

ANALYSIS OF EXPERIENCE IN THE USE OF RECONNAISSANCE AND MINE CLEARANCE KITS

Abstract. *This article is devoted to the analysis of the experience of using reconnaissance and mine clearance kits, their comparison by configuration and conditions of use in the power structures of the Russian Federation and foreign countries.*

Keywords: *reconnaissance and mine clearance kit, mine clearance, KR-I, KR-O, KR-E, EOD.*

СУПРУН Тимофей Игоревич

курсант, Пермский военный институт войск национальной гвардии РФ,
Россия, г. Пермь

ЗОЛОТАРЕВ Владимир Александрович

преподаватель, Пермский военный институт войск национальной гвардии РФ,
Россия, г. Пермь

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМ ПОДГОТОВКИ И ПРИМЕНЕНИЯ ВОЙСК
НАЦИОНАЛЬНОЙ ГВАРДИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Аннотация. В статье разбирается проблема повышения эффективности подготовки войск национальной гвардии Российской Федерации при решении возложенных на них задач через подготовку методического пособия «Тактика в боевых примерах».

Ключевые слова: войска национальной гвардии Российской Федерации, «Тактика в боевых примерах», повышение эффективности, применение войск национальной гвардии.

Учитывая специфику стремительного развития современного общества и возникающих, в связи с этим, угроз для него, перед войсками национальной гвардии Российской Федерации возникают более сложные задачи [1].

Для своевременной реакции на изменения подобного вида необходимо проводить постоянный анализ проводимых мероприятий, касающихся задач, возложенных на войска национальной гвардии Российской Федерации, а именно:

1. Участие в охране общественного порядка, обеспечении общественной безопасности.

2. Охрана важных государственных объектов, специальных грузов, сооружений на коммуникациях в соответствии с перечнями, утвержденными Правительством Российской Федерации.

3. Участие в борьбе с терроризмом и экстремизмом.

4. Участие в обеспечении режимов чрезвычайного положения, военного положения, правового режима контртеррористической операции.

5. Участие в территориальной обороне Российской Федерации.

6. Оказание содействия пограничным органам Федеральной службы безопасности в охране государственной границы Российской Федерации.

7. Федеральный государственный контроль (надзор) за соблюдением законодательства Российской Федерации в области оборота оружия и в области частной охранной и частной детективной деятельности, а также за обеспечением безопасности объектов топливно-энергетического комплекса, за деятельностью подразделений охраны юридических лиц с особыми уставными задачами и подразделений ведомственной охраны.

8. Охрана особо важных и режимных объектов, объектов, подлежащих обязательной охране войсками национальной гвардии, в соответствии с перечнем, утвержденным Правительством Российской Федерации, охрана имущества физических и юридических лиц по договорам.

9. Обеспечение по решению Президента Российской Федерации безопасности высших должностных лиц субъектов Российской Федерации (руководителей высших исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации) и иных лиц.

Своевременное внесение коррективов в действия сотрудников Росгвардии позволит реализовать качественное выполнение возложенных на них задач.

Основной задачей научной работы выступала разработка методического пособия «Тактика в боевых примерах» (рис. 1).



Рис. 1. Обложка методического пособия «Тактика в боевых приемах»

Целью работы является изучение, обобщение и распространение положительного опыта выполнения задач территориальными органами, соединениями, воинскими частями и подразделениями (органами) войск национальной гвардии. В ходе разработки методического пособия решались следующие задачи: анализ и систематизация примеров выполнения задач войсками национальной гвардии Российской Федерации, определение направлений совершенствования подготовки и

применения войск при выполнении возложенных на них задач.

За отведенный период времени были разработаны три главы методического пособия, в которых описываются примеры выполнения войсками национальной гвардии Российской Федерации возложенных на них задач. По итогам каждой главы проводился анализ особенностей применения и подготовки сотрудников Росгвардии, далее это дополнялось вариантами возможного повышения эффективности действий войск (рис. 2).

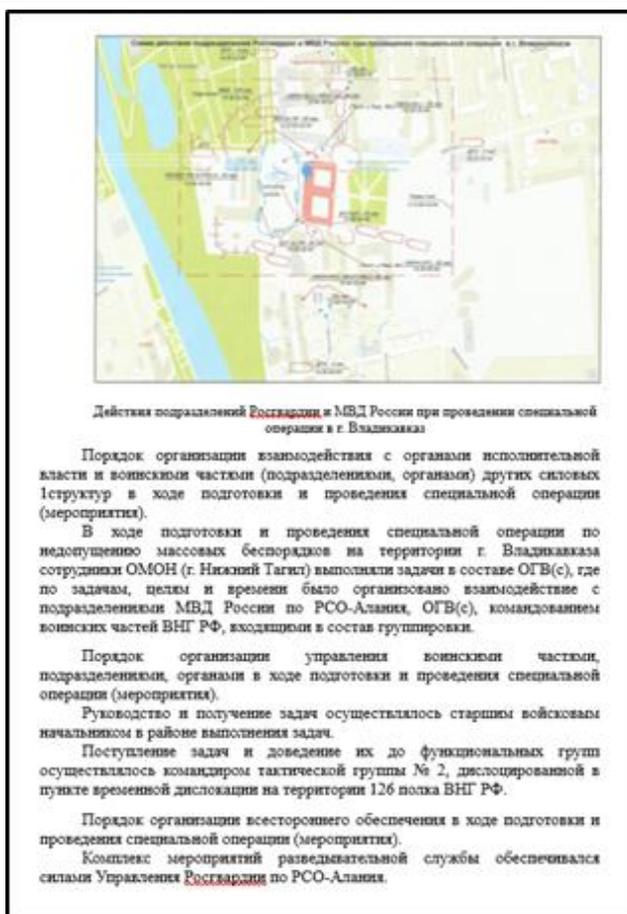


Рис. 2. Описание и анализ действий войск национальной гвардии в методическом пособии «Тактика в боевых приемах»

К основным направлениям совершенствования можно отнести:

1. Тщательное изучение обстановки в районе проведения операций.
2. Повышение оперативности проводимых действий с возможностью реакции на ухудшение обстановки в зоне выполнения поставленных задач.
3. Повышение качества коммуникаций и их средств.
4. Увеличение числа контактов с иными структурами.

Стоит заметить, что личный состав войск национальной гвардии выполняет задачи на самых ответственных участках, зачастую проявляя мужество и героизм. Военнослужащие и сотрудники войск национальной гвардии удостоиваются самых высоких государственных наград, что не только подчеркивает высокое

доверие руководства страны к деятельности войск, но и накладывает колоссальную ответственность за сохранение и развитие их потенциала в интересах государственной и общественной безопасности.

Для поддержания подобной ситуации стоит уделять высокое внимание подготовке сотрудников Росгвардии, для чего и разрабатывается пособие «Тактика в боевых примерах», которое позволит на реальных примерах сформировать модели поведения при различных обстоятельствах, а также обозначит варианты повышения эффективности выполнения возложенных на войска национальной гвардии задач.

Литература

1. Федеральный закон от 03.07.2016 N 226-ФЗ (ред. от 31.07.2020) "О войсках национальной гвардии Российской Федерации". Ст. 2.

SUPRUN Timofey Igorevich

Cadet, Perm Military Institute of the National Guard of the Russian Federation,
Russia, Perm

ZOLOTAREV Vladimir Aleksandrovich

Lecturer, Perm Military Institute of the National Guard of the Russian Federation,
Russia, Perm

**STUDY OF THE PROBLEMS OF TRAINING AND USE
OF THE NATIONAL GUARD TROOPS OF THE RUSSIAN FEDERATION**

Abstract. *The article deals with the problem of improving the effectiveness of training the troops of the National Guard of the Russian Federation in solving the tasks assigned to them through the preparation of a methodological manual "Tactics in combat examples".*

Keywords: *troops of the National Guard of the Russian Federation, "Tactics in combat examples", efficiency improvement, use of National Guard troops.*

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ



10.5281/zenodo.18638335

LVOV Evgenii

Independent Researcher, Georgia, Batumi

PERFORMANCE AND COST OPTIMIZATION IN CLOUD INFRASTRUCTURES THROUGH MIGRATION TO ARM-BASED ARCHITECTURES

Abstract. In the early 2020s, cloud computing entered a phase where rapidly rising demand for compute – driven by data-intensive analytics and the emerging wave of generative AI – collides with tighter constraints on cost, energy efficiency, and sustainability. Gartner forecasts that worldwide end-user spending on public cloud services will grow 21.7% to \$597.3 billion in 2023 (from \$491 billion in 2022), making infrastructure optimization a prerequisite for scalable operations rather than only a competitiveness factor. Against this background, the long-dominant x86 paradigm is increasingly complemented by Arm-based server platforms that emphasize efficiency and scale-out density. This study assesses the feasibility and expected benefits of migrating general-purpose cloud workloads from x86 to Arm using the 2022–2023 commercial landscape: AWS EC2 C7g (Graviton3), Google Cloud Tau T2A (Arm-based), and Azure Arm virtual machines (Ampere Altra). The work synthesizes performance and operational considerations and develops a migration-oriented methodology focused on benchmarking, dependency management, and phased rollout. Provider disclosures indicate meaningful efficiency gains (e.g., Graviton3 claiming up to 25% higher performance than Graviton2 and up to 60% lower energy for comparable performance), supporting Arm as a practical option for mainstream cloud deployments when migration risks are systematically managed.

Keywords: cloud computing, ARM architecture, AWS Graviton4, Microsoft Azure Cobalt 100, Google Axion, Neoverse V2, Neoverse N2, TCO, cost optimization, cloud migration, performance benchmarking.

Introduction

The modern digital economy has entered a stage of near-ubiquitous cloud adoption, in which public cloud spending continues to expand despite macroeconomic uncertainty. Gartner forecasts that worldwide end-user spending on public cloud services will grow 21.7% to \$597.3 billion in 2023 (up from \$491 billion in 2022) [1]. This quantitative growth is accompanied by increasing infrastructural complexity (multi-cloud and hybrid deployments, heterogeneous instance families, and diverse workload profiles), which in turn raises the importance of operational efficiency and cost control.

Within this context, the traditional scaling trajectory dominated by x86 server platforms faces intensifying constraints related to energy efficiency and density at scale. Consequently, performance-per-dollar and performance-per-watt have become decisive selection criteria for hyperscalers

and large enterprises, not merely engineering metrics. A key technological response is the accelerated adoption of Arm-based server instances: the Arm architecture, historically optimized for energy efficiency, has matured into a viable platform for general-purpose cloud workloads and developer ecosystems [2].

Historically, cloud providers primarily consumed standardized server platforms. However, as scale increased and workload requirements diversified, they increasingly moved toward tighter co-design of hardware and software stacks. This shift is visible in the rapid expansion of Arm offerings across major clouds:

- AWS has advanced its in-house Arm-based roadmap through the Graviton family, positioning Graviton3-powered EC2 instance types (e.g., C7g) for improved price-performance across compute-intensive workloads [3].
- Google Cloud introduced Tau T2A

instances based on Arm processors (Ampere Altra), explicitly targeting cost-effective general-purpose computing and ecosystem enablement [4].

- Microsoft Azure has made Arm-based virtual machines with Ampere Altra generally available, expanding Arm support into mainstream enterprise and Kubernetes deployment scenarios [11].

Market dynamics in 2023 also underscore the strategic relevance of Arm in infrastructure computing: Arm's preparation for a public offering (via its SEC F-1 filing) reflects heightened investor and industry attention to the architecture's role in cloud and data-center growth trajectories [5].

At the same time, the transition to Arm is not frictionless. While Arm instances can reduce cost and energy footprints, migration commonly introduces technical and organizational overhead: recompilation and testing pipelines, dependence on architecture-specific binaries, subtle performance differences due to compiler behavior and memory subsystems, and the need to validate operational tooling across architectures. Cloud providers themselves emphasize structured performance evaluation and migration discipline for Graviton-class platforms – especially for independent software vendors and production workloads – highlighting the necessity of benchmarking, profiling, and phased rollout rather than naïve lift-and-shift [15, 16].

Finally, despite the growing availability of Arm instances in leading clouds, there remains a gap in consolidated academic and applied guidance that links real cloud instance behavior, performance variability, and migration decision-making for enterprise workloads. Existing research provides important partial foundations – covering the Arm ecosystem in HPC settings [6], broader readiness and performance/efficiency analyses of high-end Arm systems [12, p. 78–86], and systematic perspectives on cloud VM performance variability [9] – but these strands are often disconnected from practitioner-facing migration frameworks and from the rapidly evolving commercial instance landscape of 2022–2023 [3, 4, 11]. This motivates the need for an integrated view that combines cloud-provider instance characteristics with rigorous performance assessment and practical migration considerations, using 2023-era Arm cloud offerings as the empirical baseline.

The aim of this study is to conduct a comprehensive comparative analysis of the performance and economic efficiency of migrating cloud infrastructures to the ARM architecture, to identify key

technical barriers, and to develop a methodology for overcoming them.

The scientific novelty of the study consists in a comprehensive theoretical and empirical evaluation of the latest cloud ARM platforms (AWS Graviton4, Azure Cobalt 100, Google Axion) in comparison with current x86 solutions at the microarchitecture level (Neoverse V2/N2, SVE2, abandonment of SMT), real application workloads (databases, microservices, AI inference), performance-per-watt and price-performance metrics, as well as in the development of a formalized migration framework (ARM-first/6R decomposition, multi-architecture CI/CD, management of JVM/Python dependencies) that makes it possible to minimize technological risks and TCO when migrating cloud infrastructures to ARM.

The working hypothesis of the author is that for a wide class of general-purpose operational workloads (general purpose), including microservice applications, web servers, and database management systems, the ARM architecture has reached parity with x86 in terms of absolute performance, while providing a reduction in the cost of computing resources by 20–40%. This makes ARM-based solutions an almost non-alternative economic choice when designing new cloud systems and a highly attractive target direction for refactoring and modernizing existing infrastructure.

Materials and Methods

The materials and methods of the study are based on a combination of a multifaceted review of current scientific and industrial literature on cloud ARM platforms and comparative benchmarks (Phoronix, SPEC, vendor reports) with a series of in-depth case studies focused on practices of migration and operation of AWS Graviton, Azure Cobalt 100, and Google Axion in real cloud scenarios (microservices, DBMS, AI inference). To ensure the representativeness and relevance of the sample, cloud instances were selected that represent the state-of-the-art as of early 2023 in the portfolios of the three largest cloud infrastructure providers (Hyperscalers). Both platforms based on the ARM architecture, serving as the test group, and x86-based instances forming the control group for comparison are considered.

The test group includes AWS Graviton4 instances of the m8g family, based on the Arm Neoverse V2 microarchitecture (Demeter core). This architecture is focused on achieving the highest possible single-thread performance, which makes it particularly relevant for latency-sensitive workloads. The configuration provides up to 96 cores

per die and 12 channels of DDR5-5600 system memory. A key feature is the complete physical separation of cores and the absence of SMT/Hyper-Threading, which ensures strict isolation of resources between vCPUs and, consequently, a more deterministic performance profile. In addition, SVE2 (Scalable Vector Extension) is supported with an effective vector width of 4×128 bits. In typical positioning, such instances are targeted at general-purpose server workloads, databases, and compute-intensive general-purpose tasks.

Another representative of the ARM segment is Microsoft Azure Cobalt 100 (Standard_Dps_v6 family), built on the Arm Neoverse N2 microarchitecture (Perseus core). The N-series architecture is initially designed with a priority on optimizing the aggregate PPA (Power, Performance, Area) indicator, that is, on a balanced ratio of performance, power consumption, and die area. The configuration includes 128 cores, a chiplet layout, and the use of DDR5 memory. The platform is primarily oriented toward scale-out scenarios with active horizontal scaling, which provides high density of virtual machine placement in the data center and efficient resource utilization at the cluster level [6].

In the Google ecosystem, the ARM approach is represented by Google Axion instances of the C4A family, also based on the Arm Neoverse V2 microarchitecture, similar to that used in Graviton4. The configuration provides up to 72 vCPUs. A fundamental feature here is the tight integration with the Titanium platform, a specialized hardware

complex for offloading network operations, storage subsystem operations, and security functions. As a result, the central processor is almost completely freed for the execution of user computations, which increases the efficiency of CPU resource utilization in real application workloads.

The control group consists of instances based on modern generations of x86 processors. In the AWS lineup, m7i and m8i instances are considered in particular, based on 4th (Sapphire Rapids) and 6th (Granite Rapids) generation Intel Xeon Scalable processors that support AVX-512 vector extensions and AMX matrix units, aimed at accelerating compute-intensive and vectorizable tasks. In addition, AWS m7a and m8a instances based on 4th (Genoa) and 5th (Turin) generation AMD EPYC processors are analyzed, characterized by a high core count and increased efficiency in highly multithreaded scenarios, including heavily loaded server and analytical workloads. For completeness of comparison, Azure D_v5 and Google C3 instances are also considered, representing configurations of a comparable class based on Intel and AMD processors with similar target positioning.

Results and Discussion

This section presents a synthesis of benchmarking results obtained from aggregated data of Phoronix, Signal65, Spec.org, and internal provider reports. The comparison was carried out on instances of the 16 vCPU / 64 GB RAM class. Table 1 contains summary indicators of performance and cost.

Table 1

Summary performance and cost metrics (compiled by the author based on [13, 16])

Platform	Instance	CPU	Architecture	Geekbench 6 (Multi)*	SPECrate 2017 (est.)	Price (\$/hour)**	Efficiency (Score/\$)
AWS	m8g.4xlarge	Graviton4	ARM (Neoverse V2)	26,290	High	\$0.718	36,615
AWS	m7i.4xlarge	Xeon Gen4	x86 (Sapphire)	~19,500	Medium	\$0.806	24,193
AWS	m8a.4xlarge	EPYC Gen5	x86 (Turin)	~28,000	Very High	\$0.974	28,747
Azure	D16ps v6	Cobalt 100	ARM (Neoverse N2)	~18,500	Medium	\$0.562	32,918
Azure	D16s v5	Xeon Gen3	x86 (Ice Lake)	~14,500	Low	\$0.832	17,427
GCP	c4a-std-16	Axion	ARM (Neoverse V2)	~25,500	High	\$0.718	35,515

*Geekbench 6 data approximated on the basis.

** On-Demand prices for the US East (N. Virginia) region or equivalents.

Comparison of the obtained results demonstrates a clear shift of the balance toward ARM platforms in terms of the aggregate performance-per-dollar metrics. The m8g.4xlarge instance based on Graviton4 confidently emerges as the leader in efficiency, outperforming the Intel-based m7i by more than 50%. At the same time, in absolute values of multi-threaded performance, AMD EPYC Turin (m8a) takes the lead, showing the best results in the class of heavy parallel workloads. However, such performance is achieved at the cost of a price that is approximately 35% higher compared to Graviton4, and therefore in scenarios where the dominant optimization criterion is the total cost of ownership rather than the minimum completion time of a specific job, the advantage of ARM becomes more pronounced; conversely, in tasks with strict SLAs on response time or batch processing speed, AMD retains the status of a strong competitor. Against this background, the phenomenon of Azure Cobalt appears particularly interesting: despite the use of less powerful Neoverse N2 cores (as evidenced by lower Geekbench scores compared to Neoverse V2 in Graviton4), Microsoft's aggressive pricing policy (around \$0.562/hour) makes Cobalt 100 an exceptionally attractive choice for scalable microservice architectures, for which linear scalability and aggregate cluster throughput are critical rather than maximum single-threaded performance [6, 14].

In artificial intelligence model inference tasks, particularly when working with LLMs (Llama 3.1 8B), testing revealed an unexpectedly pronounced advantage of ARM platforms. According to the Signal65 report, Graviton4 demonstrated approximately 168% higher throughput in terms of tokens per unit time compared to AMD EPYC-based systems and exceeded Intel Xeon solutions by 162% [17]. This gap is explained by a combination of architectural and system-level factors. First, Graviton4 is equipped with 12 channels of DDR5-5600 memory, providing extremely high memory subsystem bandwidth, which is critical for large language models that are typically limited precisely by memory access speed (memory-bound workloads). Second, the Neoverse V2 architecture supports reduced-precision data formats such as BF16 and employs optimized SVE2 vector extensions, which makes it possible to efficiently implement

matrix multiplications and other linear algebra primitives underlying transformer models. An additional factor in favor of ARM is Azure Cobalt 100: thanks to deep optimizations in the ONNX Runtime stack and the KleidiAI libraries, this instance also demonstrates a multiple-fold advantage over x86 platforms in typical inference scenarios, where cluster throughput and energy efficiency come to the forefront [3; 8, p. 805-817].

For database management systems and in-memory stores, the picture turns out to be similar. For systems such as Redis and Memcached, ARM processors (Graviton3/4) provide 25–30% higher RPS (Requests Per Second) while simultaneously reducing tail latencies [7, p. 762-773]. The key factor here is the absence of SMT: request-processing threads in Redis do not compete for the resources of the same physical core with other logical threads, which reduces the likelihood of preemption, decreases jitter, and stabilizes the timing characteristics of the system. In experiments with PostgreSQL in the Amazon RDS environment, migration to Graviton4 led to a 19% reduction in transaction latency and a 23% increase in throughput per dollar of cost, which makes ARM platforms particularly attractive for high-load transactional systems and real-time services.

Finally, energy efficiency and the associated sustainability agenda are becoming a critically important dimension of competitiveness. Azure telemetry indicates that Cobalt 100 consumes 25–30% less electricity under production workload than Intel-based Dv5 series instances [6]. Google, in turn, states that Axion is 60% more energy-efficient than comparable x86 instances [2]. These differences translate not only into lower instance costs (providers partially pass energy-savings on to customers) but also into improved carbon footprint metrics (Scope 3 emissions) for enterprise customers who are compelled to account for climate risks and ESG reporting requirements. To provide clarity and structure for the key architectural and operational differences between the latest ARM and x86 cloud platforms, which is necessary for making migration decisions, Table 2 is presented below. It groups factors that go beyond pure benchmarks yet are critical for total cost of ownership (TCO) and efficiency [11].

Table 2

Comparative analysis of key architectural and operational characteristics of cloud platforms (ARM vs. x86) (compiled by the author based on [6; 7, p. 762-773; 8, p. 805-817; 13; 16])

Characteristic	ARM architecture (Graviton4, Axion, Cobalt 100)	x86 architecture (Xeon Gen4/6, EPYC Gen4/5)	Impact on TCO and performance
Paradigm	RISC (Reduced Instruction Set Computer), high energy efficiency.	CISC (Complex Instruction Set Computer), focus on absolute per-core performance.	ARM provides a better performance-per-watt metric.
Multithreading (SMT/HT)	Absent (in Graviton4, Axion). vCPU = 1 physical core.	Present (Hyper-Threading, SMT). vCPU = 1 logical core/thread.	Low jitter and more predictable latency in ARM, which is critical for DBMS/cache workloads.
Memory subsystem	High bandwidth (12 channels of DDR5-5600 in Graviton4).	Standard bandwidth (8-12 channels of DDR5).	A critical ARM advantage in memory-bound workloads (AI inference, analytics).
Specialized units	SVE2 vector extensions, BF16 support, tight integration with I/O offload (Titanium).	AVX-512 vector extensions, AMX (matrix), more complex instruction set.	ARM is optimized for AI inference and for reducing CPU load from network operations.
Software ecosystem	Requires adaptation and multi-architecture builds (Docker, Python wheels).	Mature, native environment for most legacy applications and native libraries.	The migration barrier is higher for ARM but can be overcome (modern runtimes are friendly).
Price per vCPU	Lower by 15-25% relative to comparable x86 instances.	Higher, driven by the higher licensing and design cost of CISC.	The main driver of TCO reduction and high efficiency of ARM platforms.

Thus, ARM platforms simultaneously serve as a tool for reducing direct infrastructure costs and as a mechanism for achieving sustainability targets.

Despite the impressive performance and energy efficiency metrics of ARM, practical migration to the new architecture is almost always accompanied by passing through a kind of engineering adaptation valley of death. This is particularly acute in the area of CI/CD and containerization. Most build runners used today (GitHub Actions, GitLab Runners, etc.) run on x86_64 by default, whereas the target deployment environment is ARM. To build Docker images for aarch64 on x86 hosts, QEMU via binfmt_misc is typically used, so that the entire build process is executed under dynamic instruction translation. This approach inevitably leads to a 10-20-fold decrease in build pipeline performance, and an operation that takes minutes on the native architecture (for example, npm install or compilation of a large project in Rust/C++) stretches to hours under emulation, provoking timeouts and CI pipeline instability. Practical workarounds are well known here but require organizational effort: migrating some or all build tasks to native ARM runners (for example, AWS

CodeBuild on Graviton or ARM agents in Azure DevOps), which restores build times to familiar levels; using Docker Buildx with remote ARM hosts as build nodes, where the build process is transparently delegated to a machine of the appropriate architecture; and, for Go and Rust, leveraging built-in cross-compilation mechanisms (for example, GOARCH=arm64 go build), which makes it possible to avoid full emulation but requires careful handling of components that depend on CGO and system libraries [12, p. 78-86; 15].

A separate layer of issues has traditionally been associated with the Python ecosystem and the binary package distribution system. Historically, many key libraries – NumPy, Pandas, SciPy, gRPC, and others – have relied on substantial fragments of C/C++ code, and in the absence of a ready-made wheel package for a specific aarch64 + Python/OS version combination, the pip package manager automatically fell back to building from source. As a result, the container for what might seem to be a simple Python application unexpectedly turned into a full-fledged build environment with installed compilers (gcc, gfortran, make) and a set of header files, which significantly increased both the

build time and the size of the resulting Docker image. By 2023, the situation has changed fundamentally: the main libraries for data science and web development are already regularly publishing ARM-compatible wheels, and for most modern stacks developers obtain an experience close to plug-and-play. However, in projects where dependencies are tightly pinned in requirements.txt and rely on outdated releases, the problem does not disappear. Therefore, before migrating to ARM, an audit of dependencies and their upgrade to versions that officially support manylinux_aarch64 packages becomes an almost mandatory step [9, 10].

Against this background, the Java platform appears perhaps the most ARM-friendly. The long-standing Write Once, Run Anywhere principle is indeed implemented without visible flaws in the case of the JVM: for migration it is often sufficient simply to choose a JDK build for aarch64 correctly. Moreover, modern versions of OpenJDK include specialized optimizations for NEON and SVE vector instructions, which allows the JVM to use the hardware features of Neoverse and other ARM cores more efficiently. An important nuance is related to the behavior of the garbage collection subsystem. As already noted, the architectural rejection of SMT and the one vCPU = one physical core model in Graviton and Cobalt have a positive effect on GC predictability. In the classical x86 scenario with Hyper-Threading, GC threads compete for resources with application worker threads on the same physical core, which can lead to unstable and hard-to-predict Stop-The-World pauses. On ARM platforms, GC threads obtain more deterministic access to compute resources, which reduces pause durations and narrows the spread of P99 latency, a factor that is especially critical for high-load Java services with strict response-time requirements.

To ensure a predictable and controlled migration to the ARM architecture, it is advisable to use a modified 6R model (Rehost, Replatform, Refactor, etc.) adapted to the specifics of ARM. Such an interpretation of 6R makes it possible to link the choice of migration type and the depth of application transformation with the architectural characteristics of the target platform, minimizing the risks of performance degradation, compatibility violations, and operational failures. At the initial stage, a systematized inventory of workloads is performed, covering their dependencies, versions of the technology stack in use, resource consumption profiles, and key non-functional requirements. The most suitable candidates for migration

to ARM are microservice applications on current versions of Java, Go, Node.js, Python, and other modern runtimes, as well as web servers and caching systems: as a rule, these components already have mature ARM support and demonstrate a predictable gain in performance and energy efficiency without the need for deep modifications. In contrast, complex candidates include applications on the legacy .NET Framework that require preliminary porting to .NET 6/8+; proprietary software without access to source code, where adaptation or recompilation is impossible; as well as databases extended with binary plugins that are tightly bound to a specific processor architecture. To improve the quality of analysis and reduce the amount of manual work, it is advisable to employ specialized tools such as AWS Application Migration Service and Arm Software Ecosystem Dashboard, which make it possible to automatically assess workload characteristics and their readiness for migration.

The pilot stage of the migration is reasonably built around managed services (PaaS), where a significant part of the operational complexity has already been abstracted by the cloud provider. A representative example is the migration of AWS RDS database instances from x86 to Graviton (for example, moving from db.m5 to db.m7g): in a typical scenario, the operation is reduced to selecting a new instance type via the Modify Instance action followed by a restart, since the operating system and DBMS are fully managed by the provider. This provides an almost instantaneous economic effect and performance gain with minimal changes in the application landscape and a significantly reduced risk of incidents. At the next stage, the focus shifts to CI/CD pipelines and containerization. The key task is to configure multi-architecture image builds so that a single delivery pipeline can produce artifacts for both linux/amd64 and linux/arm64. For this purpose, Docker uses the --platform linux/amd64,linux/arm64 flag, which allows the formation of unified manifests and ensures transparent architecture selection at the deployment stage. It is fundamentally important to introduce native ARM build agents, eliminating the dependence on QEMU as an emulation layer and thereby removing performance and stability bottlenecks during build and test execution.

The final phase involves implementing canary deployment in a hybrid infrastructure, where node groups on x86 and ARM operate jointly within a single cluster (for example, Kubernetes/EKS). Traffic is gradually redistributed from x86 nodes to

ARM nodes, while key operational metrics are monitored in near real time: error rate, latency, CPU utilization, and other indicators critical for the specific services. Special attention is paid to monitoring exceptions and anomalies that manifest exclusively on the ARM architecture; the illustrative Datadog case demonstrates that ignoring architecture-specific error signatures can lead to failures that remain unnoticed at early stages but are critical in production. Thus, the combination of an adapted 6R model, thorough preliminary assessment, the use of a PaaS-based pilot, multi-architecture pipelines, and canary deployments forms a robust methodology for migration to ARM with controlled risk and predictable effect.

Conclusion

The conducted analysis makes it possible to formulate an unambiguous conclusion: as of 2023, migration to the ARM architecture in public clouds constitutes a mature, economically justified, and technologically sound strategy for large-scale enterprise and high-load systems. The current generation of specialized ARM processors – AWS Graviton4, Azure Cobalt 100, and Google Axion – has not only reached technological parity with x86 but has also demonstrated superiority in key metrics critical for cloud workloads: inference of machine learning models, database workloads, and data compression and transformation operations. Architectural decisions such as abandoning SMT in favor of a more predictable execution profile, enhanced vector units, and tight integration with I/O offload mechanisms result in more stable behavior under load and improved resource utilization efficiency, which is particularly important for deterministic performance planning.

From an economic perspective, the ARM architecture in the cloud is becoming the de facto non-alternative choice in scenarios focused on optimizing total cost of ownership. With a difference in instance prices on the order of 15–20% in favor of ARM and a performance advantage of 20–30%, the integral effect in terms of the price-performance metric reaches 40–50%, which at the scale of a large enterprise translates into savings measured in millions of dollars annually. At the same time, by 2023 the software ecosystem has largely overcome the limitations characteristic of five years earlier: the main programming languages, server frameworks, and container platforms provide first-class support for ARM64, and the remaining difficulties, primarily related to organizing multi-architecture builds in CI/CD, are addressed by engineering means and are not fundamental in nature.

From this follow practical recommendations for strategic planning. For new projects, it is advisable to consider ARM as the default architecture, implementing an ARM First Strategy and thereby establishing an optimal cost – performance balance from the outset. For existing systems, a rational trajectory is a phased migration starting with managed services and stateless microservices, where the risk is minimal and the effect manifests quickly. In parallel, it is necessary to purposefully invest in the modernization of CI/CD pipelines with support for multi-architecture builds and testing, since hybrid environments where x86 and ARM coexist are highly likely to remain the dominant model for the coming years, providing organizations with a controlled transition to ARM without compromising the stability of critical business systems.

References

1. Gartner Forecasts Worldwide Public Cloud End-User Spending to Reach Nearly \$600 Billion in 2023 / Gartner Newsroom. Retrieved from: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2023-04-19-gartner-forecasts-worldwide-public-cloud-end-user-spending-to-reach-nearly-600-billion-in-2023> (date accessed: March 3, 2023).
2. Arm VMs on Compute / Compute Engine Documentation. Retrieved from: <https://docs.cloud.google.com/compute/docs/instances/arm-on-compute> (date accessed: March 18, 2023).
3. Amazon EC2 C7g Instances – Compute / Amazon Web Services. Retrieved from: <https://aws.amazon.com/ec2/instance-types/c7g/> (date accessed: April 2, 2023).
4. Tau T2A Is First Compute Engine VM to Run on an Arm Chip / Google Cloud Blog. Retrieved from: <https://cloud.google.com/blog/products/compute/tau-t2a-is-first-compute-engine-vm-on-an-arm-chip> (date accessed: April 15, 2023).
5. EDGAR Filing Documents for Arm Holdings Ltd (Form F-1 index, Aug 21, 2023) / U.S. Securities and Exchange Commission. Retrieved from: <https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1973239/000119312523216983/0001193125-23-216983-index.htm> (date accessed: August 30, 2023).
6. Jackson A., Turner A., Weiland M., Johnson N., Perks O., Parsons M. (2019). Evaluating the Arm ecosystem for high performance computing. Proceedings of the Platform for Advanced

Scientific Computing Conference (PASC '19), Article 12. <https://doi.org/10.1145/3324989.3325722>.

7. Loghin D., Tudor B.M., Zhang H., Ooi B.C., Teo Y.M. (2015). A performance study of big data on small nodes. *Proceedings of the VLDB Endowment*, Vol. 8(7), P. 762-773. <https://doi.org/10.14778/2752939.2752945>.

8. Li J., Gu C., Xiang Y., Li F. (2022). Edge-cloud computing systems for smart grid: State-of-the-art, architecture, and applications. *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy*, Vol. 10(4), P. 805-817. <https://doi.org/10.35833/MPCE.2021.000161>.

9. Baresi L., Filippini E., Quattrocchi G., Rossi M. (2023). Performance variability of cloud virtual machines: A systematic mapping study. *Software: Practice and Experience*. <https://doi.org/10.1002/spe.3244>.

10. Pellegrini A. (2021). Arm Neoverse N2: Arm's 2nd generation high performance infrastructure CPUs and system IPs. In *2021 IEEE Hot Chips 33 Symposium (HCS)* P. 1-27. IEEE. <https://doi.org/10.1109/HCS52781.2021.9567483>.

11. Azure Virtual Machines with Ampere Altra Arm-based Processors Generally Available / Microsoft Azure Blog. Retrieved from: <https://azure.microsoft.com/en-us/blog/azure-virtual-machines-with-ampere-altra-arm-based-processors-generally-available/> (date accessed: May 1, 2023).

12. Simakov N.A., et al. (2023). Are we ready for broader adoption of ARM in the HPC community: Performance and energy efficiency analysis of benchmarks and applications executed on high-end ARM systems. *HPC Asia 2023*

Workshops. P. 78-86. <https://doi.org/10.1145/3581576.3581618>.

13. General-Purpose Machine Family for Compute Engine / Compute Engine Documentation. Retrieved from: <https://docs.cloud.google.com/compute/docs/general-purpose-machines> (date accessed: May 16, 2023).

14. Amazon EMR Launches Support for Amazon EC2 C7g Graviton3 Instances to Improve Cost Performance for Spark Workloads by 7–13% / AWS Big Data Blog. Retrieved from: <https://aws.amazon.com/blogs/big-data/amazon-emr-launches-support-for-amazon-ec2-c7g-graviton3-instances-to-improve-cost-performance-for-spark-workloads-by-7-13/> (date accessed: June 4, 2023).

15. AWS Graviton Performance Testing: Tips for Independent Software Vendors (ISVs) (Whitepaper). Retrieved from: <https://docs.aws.amazon.com/pdfs/whitepapers/latest/aws-graviton-performance-testing/aws-graviton-performance-testing.pdf> (date accessed: June 19, 2023).

16. AWS Graviton Deep Dive: The Best Price Performance for Your AWS Workloads (re:Invent / AWS Summit presentation). Retrieved from: https://d1.awsstatic.com/events/Summits/reinvent2022/CMP327_AWS-Graviton-deep-dive-The-best-price-performance-for-your-AWS-workloads.pdf (date accessed: July 2, 2023).

17. AWS Graviton Customers / Amazon Web Services. Retrieved from: <https://aws.amazon.com/ec2/graviton/customers/> (date accessed: August 24, 2023).

ZARICHUK Oleksii

Senior Software Engineering Manager, Sponsor United,
USA, WA, Redmond

METRICS SYSTEMS TO EVALUATE AND IMPROVE THE EFFECTIVENESS OF CROSS-TEAM WORK ON A SINGLE PROJECT

Abstract. *The article considers the scientific problem of creating a systematic, structured methodological apparatus for assessing the effectiveness of cross-team work in IT projects and recommendations for improving the effectiveness of this work based on the interpretation of the results of this assessment. The content and specificity of modern approaches to assessing the effectiveness of cross-team work, systems of metrics and models based on these approaches are analyzed. The relationship between the implementation of specific formalized approaches, models and evaluation systems and the increase in the efficiency of cross-team work when working on a single project is characterized. The specifics of cross-team work on a single project in IT, problems and directions that require improvement and development are characterized. The results of this article represent a contribution to the field of IT project management, and if implemented in practice can contribute to the improvement of development processes and increase the competitiveness of companies in the field of information technology.*

Keywords: *IT project, metrics, performance measurement, effectiveness, effectiveness improvement, cross-team work, evaluation system.*

Problem Statement. The modern world of information technology has undergone significant changes, having a significant impact on the way information technology (IT) projects are organized and managed. With the development of technology, the expansion of global communication, and the increasing complexity of IT projects, one of the most important problems for organizations involved in software development and information technology in general has become the problem of cross-team effectiveness.

An analysis of recent research and publications. This problem has a direct relation to a number of important scientific and practical tasks, quite actively discussed in the scientific environment at the moment and presented in scientific publications of modern researchers.

In particular, an important task in this context is to improve the productivity and quality of IT development. Modern IT projects require high team productivity and maximum quality of work, in particular, these issues are considered in [1]. Effective cross-team work can significantly improve these parameters.

It is noted in [2, 3] that modern IT organizations often face resource constraints, and optimizing cross-team work makes better use of available resources.

Also, solving this problem helps to increase the level of customer satisfaction of IT companies,

since the quality and timing of projects directly affect this level [4]. Evaluating and improving cross-team work can thus lead to higher levels of customer satisfaction. As a result, as noted in [5, 6], companies that are able to work effectively in multi-team environments are more flexible and able to innovate faster, making them more competitive in the market.

The study and application of metrics systems and models for assessing the effectiveness of cross-team work remain relevant and important scientific and practical tasks that contribute to the improvement of IT project management processes and ensure the successful fulfillment of tasks in the field of information technology.

Highlighting previously unresolved parts of the overall problem. Thus, modern scientific publications in general actively discuss the problems of the effectiveness of cross-team work, which indicates the relevance of the general issues raised in the article. At the same time, this problem has a number of underdeveloped components that require additional attention of the scientific community.

Thus, in modern conditions IT projects are becoming more and more complex, including a large number of participants using a variety of development tools and methodologies [7]. In this regard, one of the key challenges facing IT companies and organizations is the effective management of

cross-team work within a single project. This creates the need to organize adequate evaluation and synergy in cross-team work to achieve optimal results in IT product development and implementation.

Thus, the focus of the paper is centered on the investigation of metrics systems for evaluating and improving the effectiveness of cross-team work on a single project, presenting an innovative approach to solving the problem of improving the productivity and quality of teams in the IT domain.

The aim of the article. The aim of the paper is to present a system of metrics and methods for evaluating and improving the effectiveness of cross-team work in IT projects. To achieve this goal, the following objectives are set:

- to analyze the existing approaches used to assess the effectiveness of cross-team work, to identify their advantages and disadvantages;
- to characterize the system of metrics taking into account the specifics of IT projects and the possibility of their application to assess the effectiveness of cross-team work on a single project;
- to formulate recommendations and scientific and methodological solutions based on the results of the study, which can be applied in the practice of IT project management to improve the effectiveness of cross-team work on a single project.

Outline of the basic material. Modern IT organizations face challenges related to cross-team work on a single project. Consequently, research and generalization of experience in the practical application of metrics systems to evaluate and improve the performance of cross-team work on a single project play an important role in today's IT industry [8, 9]. These studies and solutions contribute significantly to the productivity, customer satisfaction, and competitiveness of IT companies.

At the same time, in the process of researching and improving approaches to assessing and improving the effectiveness of cross-team work in IT projects, it should be assumed that cross-team work in IT has its own peculiarities and requires specific organization, management and communication. Let's consider the role and specificity of cross-team work in IT and the emerging problems that need to be solved through the application of specific approaches and tools of cross-team interaction.

Cross-team work in IT has several peculiarities [10, 11]:

1. *Technological complexity.* IT projects often utilize different technologies and programming

languages. This requires good understanding and consistency between teams.

2. *Rapidity of change.* The IT domain is characterized by rapid changes in requirements and technologies. Teams must be prepared to adapt and react to changes quickly.

3. *Availability and scalability.* Products in IT are often available online and can scale to multiple users. This affects the architecture and requires careful planning.

Problems to be solved through the application of specific approaches and tools of cross-team interaction:

1. *Lack of communication between teams* can lead to miscommunication, duplication of work and delays. Addressing this problem requires improving communication processes and creating platforms for information sharing.

2. *Lack of common development standards and methodologies* can make it difficult to work together. Adopting methodologies such as Agile or DevOps can improve process consistency.

3. *Difficulties in change management.* In IT, change happens frequently and quickly. Ineffective change management can lead to chaos and loss of control. Therefore, improved change management processes are necessary for successful operations.

Effective coordination and synergy between different teams play a key role in the successful implementation of IT projects. Various approaches and model metrics systems have been developed to evaluate and improve the effectiveness of cross-team work (Table).

The effectiveness of cross-team work on a single IT project is critical for successful project implementation and achievement of business goals. Current metrics system approaches and models provide organizations with valuable tools to assess and improve this effectiveness. However, it is worth noting that the choice of approaches and metrics should depend on the specific characteristics of the project, its goals, and the specifics of the teams.

Each approach has unique features and benefits that can be tailored to the specific project context and objectives. For example, for projects with a high degree of uncertainty and non-standard tasks, an Agile approach may be more appropriate, while for projects where stability and security are important, DevOps may be the preferred choice.

The key to applying metrics and metrics system models is to keep them continuously updated and adapted to changing project conditions and

requirements. Effective management of cross-team work requires continuous monitoring and analysis of data to identify problems and opportunities for improvement.

Let's characterize the main metrics that contain the analyzed approaches to assessing and improving cross-team performance:

- To assess Agile effectiveness, the Velocity metric is used, which is defined as the sum of the scores of completed tasks per iteration:

$$Velocity = \Sigma(Story\ Points\ per\ iteration)$$

- DevOps performance measurement can include the Deployment Frequency metric, which is defined as the number of deployments over a certain period of time:

$$Deployment\ Frequency = (Number\ of\ deployments) / (Time)$$

Table

Approaches and models used to assess and improve the effectiveness of cross-team work

Approach, model, metrics system	Description	Examples of use
Agile	The Agile methodology promotes flexibility and responsiveness to change, making it easier for teams to collaborate on a project. Agile metrics, such as task completion rate and product backlog, are used to evaluate team productivity and identify improvements	The development team uses the "task completion rate" metric to determine how many tasks they can complete in a given period of time. This allows them to schedule work more efficiently
DevOps	Combines Development and Operations into a seamless team. DevOps helps automate and standardize processes, which improves collaboration between teams and reduces the time between development and deployment. DevOps metrics, such as deployment frequency and recovery time, help measure and improve cross-team performance	The DevOps team uses the "deployment frequency" metric to measure how often they release new versions of software. This helps them improve their development and deployment process
Balanced Scorecard	The model offers four perspectives of performance measurement: financial, customer, process, and learning. By identifying key performance indicators in each of these perspectives, organizations can assess cross-team performance from different perspectives	The organization uses the Balanced Scorecard model to evaluate project performance in four dimensions: financial (profitability), customer (customer satisfaction), process (reduced development time), and learning (team skill development)
Key Performance Indicators (KPI)	The model focuses on specific numerical indicators that reflect the fulfillment of project goals and objectives. Examples of KPIs include task completion dates, customer satisfaction and percentage of tasks completed	The team uses KPIs to track the percentage of completed tasks against the project plan. This allows them to respond quickly to delays and improve cross-team coordination
Service Level Agreement (SLA)	The model offers an assessment of the quality of cross-team work based on the level of service agreed between teams and project customers. This model allows you to assess the extent to which teams fulfill the obligations defined in the SLA	The organization evaluates the level of customer satisfaction based on the fulfillment of SLA conditions, such as response time to requests and quality of services provided

Source: compiled by the author on the basis of analysis of [5, 7, 11, 12]

The Balanced Scorecard uses a comprehensive approach to assess performance, including a number of metrics, each with its own weighting:

- financial performance assessment:

$$F = \Sigma(W_i * F_i),$$

where W_i – metric weight,

F_i – metric value.

- customer satisfaction assessment:

$$C = \Sigma(W_i * C_i),$$

where W_i – metric weight,

C_i – metric value.

- process efficiency assessment:

$$P = \Sigma(W_i * P_i),$$

where W_i – metric weight,

P_i – metric value.

- assessment of learning and development:

$$L = \Sigma(W_i * L_i),$$

where W_i – metric weight,

L_i – metric value.

- KPIs are specific metrics chosen depending on the project objectives.

- SLA metrics may include task completion dates, quality of service, and other parameters agreed upon with clients.

All approaches and metrics systems are aimed at increasing team productivity. Successful project execution directly depends on achieving high scores in Velocity (Agile), Deployment Frequency (DevOps), as well as high scores in Balanced Scorecard and achieving KPIs and SLAs.

DevOps emphasizes test automation and monitoring, which contributes to a high-quality product. Successful project execution is linked to achieving high scores in product quality metrics and SLAs.

Successful project execution requires effective resource management, which is achieved through more accurate allocation of tasks and resources across teams. Effective resource utilization implies that Agile, DevOps and Balanced Scorecard metrics, including KPIs and SLAs, play an important role in cost and time optimization.

Directly related to successful project execution is the level of customer satisfaction. High scores in customer satisfaction metrics in Balanced Scorecard and achievement of SLA and KPI metrics related to customer satisfaction contribute to customer and client satisfaction.

It should also be noted that organizations that actively apply modern approaches and metrics systems are more competitive in the market. They are able to respond faster to changes in market requirements and promptly implement innovations,

which contributes to successful project implementation and increased customer satisfaction.

Choosing the best approach and metrics system depends on the objectives, project type, and specifics of the teams. However, regardless of the choice, properly applied metrics and assessment approaches can improve productivity, quality of work, customer satisfaction, and an organization's IT competitiveness. While highlighting the appropriate approach to cross-team project performance measurement depends on the specific context and goals of the organization, in the context of IT companies, a few general considerations can be highlighted.

For example, DevOps can be considered the most effective approach, in terms of its impact on cross-team project performance, because it strongly emphasizes automation, standardization, and closer collaboration between development and operations teams. The introduction of DevOps allows for faster deployment, reduced response time to changes, and fewer bugs and product failures. High deployment frequency, as measured by the Deployment Frequency metric, is one of the indicators of successful DevOps implementation.

The link between cross-team efficiency and IT performance is usually mediated through several important processes and procedures:

1. Adopting DevOps as an approach requires changes in organizational culture, processes, and tools. The company must invest in automation, employee training and development, and the adoption of tools for continuous integration and deployment. The indirect result is improved cross-team effectiveness.

2. Highly effective project management and team communication are key to achieving high cross-team effectiveness. The indirect result here is increased productivity and improved quality of work.

3. Testing and quality control processes play an important role in ensuring product quality. Improving cross-team efficiency can reduce defects and improve product stability. This also has an indirect effect on customer satisfaction and the competitiveness of the company.

Thus, the optimal choice of approach for measuring and improving cross-team performance will depend on the specific goals, resources and context of the company. But in the context of IT companies, DevOps usually has the greatest potential to influence the efficiency and therefore the performance of the company as a whole.

Conclusions and propositions. Cross-team work in IT is characterized by technological complexity, rapidity of change, and a high degree of product availability and scalability. In the context of addressing the challenges of assessing the effectiveness of cross-team work on a single IT project, the research presented in this article revealed a number of key aspects that are important for understanding and optimizing the performance of IT companies. Thus, the study examined various approaches to assessing the effectiveness of cross-team work in IT: Agile, DevOps, Balanced Scorecard, KPIs and SLAs, which are a variety of tools, each of which can be effective depending on the context of the project and the company's goals.

It is identified that the key aspects of successful IT project delivery are improved productivity, product quality, effective resource management and customer satisfaction. The choice of approach to assessing the effectiveness of cross-team work has a direct impact on these parameters and, consequently, on the performance of the company as a whole. The link between cross-team effectiveness and IT company performance is usually mediated through several important processes and procedures: the introduction of modern methodologies such as DevOps can be a catalyst for improving cross-team effectiveness; project management and team communication play a crucial role in achieving high cross-team effectiveness and, therefore, in company performance; quality management and defect control contribute to improving product quality and customer satisfaction.

The effective organization of IT companies is crucial to the effectiveness of cross-team project work. It includes resource optimization, process management, communication, staff training and development.

The prospects for the development of the issues raised in this article are conditioned by the possibility to continue researching the effectiveness of specific metrics and approaches in different scenarios in order to form systematic formalized evaluation methods for IT companies seeking to optimize cross-team work on individual projects.

References

1. Barends E., Rousseau D., Cioca I., Wrietak E. High-performing teams: An evidence review //

Scientific Summary. London: Chartered Institute of Personnel and Development. 2023.

2. Доценко Н.В., Сабадош Л.Ю., Чумаченко І.В. Методи управління людськими ресурсами при формуванні команд мультипроектів та програм: монографія. Харків, 2015. 201 с.

3. Кухар М.А. Концептуальні моделі підтримки прийняття рішень в багаторівневих системах адміністрування // Вісник ВПІ. 2020. №3. С. 51-56.

4. Сметанюк О.А., Бондарчук А.В. Особливості системи управління проектами в ІТ-компаніях / Агросвіт. 2020. № 10. С. 105-111.

5. Шашкова Н.І., Фадєєва І.Г., Казакова Т.С. Управління проектами в ІТ сфері: застосування гнучких методологій // Scientific notes of Lviv University of Business and Law. 2021. С. 166-172.

6. Lalitha V.A. study on impact of teamwork on employees' performance // International Journal of Advanced Research in Commerce, Management & Social Science (IJARCMSS). 2022. Volume 05, No. 03(II), July-September. Pp. 128-144.

7. Solansky S.T.P., Stringer D.P. Collective mind: A study of development and team performance // Organisation Development Journal. 2019. Vol 37, No 3. Pp. 59-69.

8. Sablis A., Smite D., Moe N. Team-external coordination in large-scale software development projects // J. Softw.: Evol. Process. 2020. Art. no. e2297.

9. Кононенко І., Сушко Г. Формування команди проекту з розробки інформаційно-комунікаційних технологій // Інформаційні технології і засоби навчання. 2019. №5.

10. Євтушенко Г.І. Формування команди проекту та організація її ефективної роботи (теоретичний аспект) // Східна Європа: економіка, бізнес та управління. 2019. №4 (21). С.77-82

11. Batra D., Xia W., Zhang M. Collaboration in agile software development: Concept and dimensions // Communications of the Association for Information Systems. 2017. № 41 (1). Pp. 20.

12. Jaakson K., Reino A., McClenaghan P.B. The space between – linking trust with individual and team performance in virtual teams // Team Performance Management. 2019. Vol 25, No 1/2. Pp 30-46.

БОЧАРОВ Андрей Викторович

ведущий разработчик программного обеспечения,
Общество с ограниченной ответственностью «Юнибор»,
Россия, г. Москва

ИНТЕГРАТИВНЫЙ ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ СТРАТЕГИЙ И ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНИК В ДИСЦИПЛИНЕ ЭКСТРАКЦИИ И АНАЛИЗА ЦИФРОВЫХ ДАННЫХ: ГЛУБОКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ КОНЦЕПЦИЙ И ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ

***Аннотация.** В данной работе представлен интегративный обзор актуальных методологических стратегий и передовых техник в области экстракции и анализа цифровых данных. Основное внимание уделяется глубокому изучению теоретических концепций, их практической реализации и применению в современной информационной среде.*

***Ключевые слова:** парсинг, методология, анализ данных, современные технологии, извлечение информации.*

Введение

В современном информационном обществе, где объемы данных удваиваются каждые несколько лет, эффективное управление и обработка этих данных становятся критически важными. Парсинг данных – это не просто процесс извлечения информации, это мост между неструктурированными источниками данных и структурированными системами обработки данных.

В изначальном смысле парсинг представляет собой анализ и преобразование текста в структурированный формат. Он был неотъемлемой частью компьютерных наук, особенно в области искусственного интеллекта и компиляции языков программирования. Однако с тем, как интернет стал главным источником информации, парсинг был адаптирован для извлечения данных из веб-страниц, став основой для многих интернет-технологий.

Современные исследователи, аналитики и разработчики используют парсинг не только для анализа веб-содержимого, но и для извлечения данных из различных форматов документов, таких как PDF или изображений. При этом сложность и глубина анализа могут варьироваться от простого извлечения текста до сложного семантического анализа и классификации данных.

Теперь давайте рассмотрим взаимодействие парсинга с другими сферами информационных технологий.

Традиционные подходы к парсингу.

Парсинг данных существует уже длительное время, и за этот период было разработано множество методик и инструментов, каждый из которых имеет свои особенности и области применения.

Одним из древнейших и наиболее универсальных методов являются регулярные выражения [5]. Этот математический аппарат позволяет задавать сложные текстовые шаблоны и находить соответствия этим шаблонам в тексте. Регулярные выражения стали основой для многих текстовых процессоров и языков программирования, предоставляя мощные инструменты для обработки строк. Они чрезвычайно полезны при работе с текстами, где структура данных предсказуема и может быть описана через определенные шаблоны. Однако стоит отметить, что из-за своей сложности и специфичности регулярные выражения могут стать сложными для понимания и поддержки, особенно при работе с большими и сложными шаблонами.

Другой популярный подход к парсингу данных основан на использовании XPath. Этот язык запросов был разработан специально для извлечения информации из XML-документов. XPath позволяет указывать пути к определенным элементам или атрибутам в XML и извлекать их. В отличие от регулярных выражений, которые работают на уровне текста, XPath оперирует структурированными данными, что делает его идеальным инструментом для работы с XML. Он стал неотъемлемой частью многих

технологий обработки XML, таких как XSLT и XQuery [1].

Однако, несмотря на эффективность обоих методов, они имеют свои ограничения, и выбор подхода зависит от конкретной задачи.

Современные подходы и инструменты.

В ответ на постоянно меняющиеся требования и сложности интернет-данных, инструменты и методы парсинга эволюционировали, предоставляя более эффективные и гибкие решения для современных задач.

Среди наиболее популярных инструментов для парсинга веб-страниц стоят Beautiful Soup и Scrapy. Оба представляют собой библиотеки Python и обладают способностью обрабатывать как структурированные, так и неструктурированные веб-данные [2]. Beautiful Soup особенно полезен для простых задач парсинга, благодаря своему интуитивному интерфейсу и способности обработки «битых» HTML-структур. Scrapy, с другой стороны, представляет собой мощный фреймворк, предназначенный для создания сложных веб-скраперов, и интегрирован с различными механизмами обработки и хранения данных.

В то время как прямое извлечение данных из веб-страниц может вызвать различные проблемы, такие как изменения структуры страницы или блокировки со стороны серверов, многие организации и сервисы предоставляют API (Application Programming Interface) для структурированного и надежного доступа к своим данным. Парсинг с использованием API предпочтителен, поскольку он часто предоставляет чистые, актуальные и хорошо документированные данные без необходимости "борьбы" со структурой веб-страниц [4].

Тем не менее есть области, где традиционные методы парсинга не могут эффективно справиться с задачей, особенно когда речь идет о сложных и динамически изменяющихся структурах данных или изображениях. В этих ситуациях искусственный интеллект, особенно методы машинного и глубокого обучения, становятся настоящим прорывом. Современные алгоритмы могут обучаться распознаванию сложных структур данных, паттернов или изображений, предоставляя уникальные возможности для автоматического извлечения информации из различных источников.

Выбор инструмента или метода парсинга зависит от конкретной задачи и требований к данным. Осознание всего спектра доступных инструментов позволяет разработчикам

принимать обоснованные решения и эффективно адаптироваться к изменяющимся условиям среды данных.

Проблемы и вызовы.

Парсинг данных, несмотря на свою значимость и широкий спектр применения, сталкивается с рядом проблем и вызовов, которые требуют внимания и обдуманного решения со стороны разработчиков.

Одной из основных проблем является динамичность интернета. Изменение структуры данных, такое как обновление дизайна веб-сайта или модификация его содержания, может серьезно затруднить или даже сделать невозможным парсинг. Веб-сайты и платформы постоянно адаптируются к меняющимся требованиям пользователей и технологическим нововведениям, что делает необходимым регулярное обновление и адаптацию инструментов и методов парсинга.

Следующий вызов – это юридическая сторона вопроса. Извлечение данных с веб-сайтов без разрешения может нарушать авторские права, правила использования данных или другие регулятивные акты. Не все данные, доступные в публичном пространстве, можно свободно извлекать и использовать в коммерческих или исследовательских целях. Это делает крайне важным осознание и соблюдение легальных аспектов парсинга.

К тому же, многие веб-сайты активно применяют различные механизмы защиты от автоматического доступа. Примерами таких мер являются CAPTCHA, которая требует человеческого взаимодействия для подтверждения запросов, ограничения по IP, которые блокируют повторные запросы с одного адреса, или даже специфические правила для robots.txt, указывающие, какие части сайта могут быть проиндексированы или посещены ботами [3]. Эти технические преграды представляют собой дополнительные сложности и требуют разработчиков быть в курсе новейших технологий и стратегий обхода.

В целом, хотя парсинг данных предлагает множество возможностей, он также представляет собой поле с многочисленными проблемами и вызовами, которые требуют глубокого понимания и тщательного подхода к их решению.

Заключение.

На протяжении последних десятилетий парсинг данных превратился из относительно простой задачи по извлечению информации в

сложную дисциплину, требующую глубоких знаний в области программирования, алгоритмов и, в некоторых случаях, юриспруденции. Действительно, в эпоху информационных технологий и "больших данных", способность извлекать, анализировать и использовать данные из различных источников становится стратегически важной для многих отраслей – от науки до бизнеса.

Однако как и любая другая дисциплина, парсинг данных не стоит на месте. Он адаптируется и эволюционирует, чтобы отвечать новым вызовам и потребностям. Современные инструменты, такие как Scrapy или методы, основанные на искусственном интеллекте, предлагают решения для сложных задач, с которыми традиционные методы могут не справиться.

В заключении стоит подчеркнуть, что успех в парсинге данных – это не только в выборе правильного инструмента, но и в понимании контекста, в котором эти данные будут использоваться. Это требует от разработчиков и

аналитиков не только технических навыков, но и способности к критическому мышлению, а также осознанию этических и юридических аспектов своей деятельности. Таким образом, парсинг данных – это не просто техническая задача, но и комплексная дисциплина, требующая многогранного подхода и глубокого понимания.

Литература

1. Гарольд Е. Р. Эффективный XML: 50 конкретных способов улучшить ваш XML. – Addison-Wesley Professional, 2003.
2. Жолле Ф. Глубокое обучение с Python. – Manning Publications Co., 2017.
3. Митчелл Р. Веб-скрапинг с Python: Сбор данных с современного веба. – O'Reilly Media, Inc., 2018.
4. Рассел М. А. Анализ социальных сетей: Изучаем данные из Facebook, Twitter, LinkedIn и других социальных медиа сайтов. – O'Reilly Media, Inc., 2013.
5. Фридл Дж. Е. Ф. Освоение регулярных выражений. – O'Reilly Media, Inc., 2006.

BOCHAROV Andrey Viktorovich

Lead Software Developer

Limited Liability Company "Unibor", Russia, Moscow

INTEGRATED REVIEW OF MODERN METHODOLOGICAL STRATEGIES AND INNOVATIVE TECHNIQUES IN DIGITAL DATA EXTRACTION AND ANALYSIS: A DEEP DIVE INTO THEORETICAL CONCEPTS AND PRACTICAL IMPLEMENTATION

Abstract. *This paper presents an integrated review of up-to-date methodological strategies and cutting-edge techniques in the field of digital data extraction and analysis. The main emphasis is on an in-depth understanding of theoretical concepts, their practical realization, and application in today's information environment.*

Keywords: *parsing, methodology, data analysis, modern technologies, information retrieval.*

СОЗОНТОВ Антон Валерьевич

инженер-программист, архитектор ПО, ООО «Апартамент Системс»,
Россия, г. Москва

**РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ:
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ И ПОСТРОЕНИЯ**

Аннотация. Исследование посвящено анализу и характеристике особенностей распределенных информационных систем. Кроме того, автором представлены технологии, составляющие основу веб-сервисов. Также автором обозначен алгоритм построения распределенных ИС. В статье отмечены компоненты, составляющие задачи организации функционирования и развития распределенной информационной системы состоит из следующих компонентов.

Ключевые слова: распределенные информационные системы, технологии, развитие, данные, веб-сервисы.

Актуальность исследования

Представленная тема исследования остается актуальной и важной в современном мире информационных технологий. Многие компании и организации используют распределенные информационные системы для управления бизнес-процессами, обработки данных и обеспечения взаимодействия между различными филиалами и подразделениями. Эффективное построение и использование таких систем помогает повысить производительность, сократить затраты и улучшить обслуживание клиентов. Облачные технологии стали неотъемлемой частью многих информационных систем. Эти системы часто распределены по разным серверам и центрам обработки данных, что требует эффективной организации и управления данными и ресурсами.

Цель исследования

Целью исследования является анализ и характеристика существующих распределенных информационных систем с целью понимания их архитектуры, принципов работы и применения в различных областях.

Материал и методы исследования

Изучением вопросов, посвященных особенностям распределенных информационных систем, занимались такие ученые как Д.А. Градусов, А.В. Шутов, А.Н. Алпатов, И.Б. Бурдонов, А.С. Косачев, В.Н. Пономаренко, В.З. Шнитман, В.Я. Цветков и др.

Методами исследования являются: метод кейс-исследования, метод теоретического и практического анализа, метод сравнительного анализа.

Результаты исследования

Распределенные информационные системы (РИС) – это комплекс программных и аппаратных средств, которые позволяют организовать совместный доступ к данным и ресурсам, размещенным на различных компьютерах и серверах через сети. РИС широко применяются в современном мире из-за своей гибкости, масштабируемости и надежности. Можно выделить следующие особенности применения и построения распределенных информационных систем:

1. **Распределенность.** Основная особенность РИС – это то, что они распределены по разным физическим и/или логическим местоположениям. Это позволяет легко масштабировать систему при увеличении нагрузки или обеспечивать отказоустойчивость, так как вы можете иметь несколько серверов, работающих параллельно.

2. **Клиент-серверная архитектура.** РИС часто построены на основе клиент-серверной архитектуры, где клиенты (пользовательские приложения) обращаются к серверам (компьютерам или службам), чтобы получить доступ к данным и ресурсам. Это облегчает управление и обновление системы.

3. **Распределенная база данных.** В РИС часто используются распределенные базы данных, где данные хранятся на разных серверах и могут синхронизироваться между ними. Это позволяет обеспечивать доступность данных и уменьшать риск потери информации.

4. **Коммуникация.** Компоненты РИС обмениваются данными и командами через сеть.

Это требует хорошей системы коммуникации, протоколов и безопасности, чтобы обеспечить целостность и конфиденциальность данных.

5. Масштабируемость. РИС должны быть спроектированы с учетом возможности масштабирования, чтобы удовлетворить растущие потребности. Это может включать в себя добавление новых серверов, балансировку нагрузки и оптимизацию производительности.

6. Отказоустойчивость. Отказ одного из компонентов РИС не должен привести к полной недоступности системы. Для этого могут использоваться резервирование, репликация данных и другие методы обеспечения отказоустойчивости.

7. Безопасность. Защита данных и ресурсов важна для РИС. Это включает в себя аутентификацию, авторизацию, шифрование и другие меры безопасности.

8. Управление ресурсами. РИС должны эффективно управлять ресурсами, такими как процессорное время, память и сетевая пропускная способность, чтобы обеспечить высокую производительность.

9. Согласованность данных. Важно обеспечить согласованность данных в распределенных системах, чтобы избежать конфликтов и ошибок.

10. Мониторинг и управление. РИС должны быть оборудованы средствами мониторинга и управления, чтобы операторы могли

отслеживать состояние системы и принимать меры по ее поддержанию [1, с. 94].

Основной вызов, стоящий перед развитием распределенных информационных систем в современности, заключается в необходимости объединения разнообразных компонентов, предназначенных для решения конкретных бизнес-задач предприятия. Эти компоненты включают в себя различные методы, подходы и технические средства, и их интеграция часто сопровождается проблемами, такими как техническая несовместимость, взаимная несогласованность данных и функций, выполняемой различными частями системы.

С использованием веб-сервисов возможно разрабатывать и приобретать компоненты для интеграции их в информационные системы. Есть возможность приобретать доступ к работе этих компонентов и создавать программную среду, которая осуществляет вызовы модулей из компонентов, поддерживаемых различными независимыми поставщиками. Таким образом, любой функционал программы, находящейся в сети, может стать доступным через веб-сервисы. Примером такого веб-сервиса является система Passport на Hotmail, которая предоставляет возможность аутентификации пользователей на собственных веб-сайтах.

Основу веб-сервисов составляют следующие технологии, которые представлены в таблице.

Таблица

Технологии, составляющие основу веб-сервисов

№ п/п	Наименование технологии	Характеристика
1.	TCP/IP	Универсальный протокол передачи данных, понимаемый всеми сетевыми устройствами
2.	HTML	Универсальный язык гипертекстовой разметки для отображения информации на устройствах пользователей
3.	XML (Extensible Markup Language)	Универсальный язык, поддерживающий работу с различными типами данных

Указанные технологии обладают универсальностью и представляют собой основу для понимания веб-сервисов. Интернет-технологии основаны на открытых, формально независимых от поставщиков стандартах, что придает им основное преимущество в концепции разработки распределенных информационных систем. Использование таких технологий как TCP/IP, HTML и XML позволяет их применять на различных операционных системах, серверах приложений и так далее. В результате веб-сервисы допускают интеграцию приложений

различного типа и обеспечивают создание распределенных информационных систем [2, с. 25].

Организация РИС становится обязательной для предприятий и организаций, занимающихся различными видами деятельности, которая распределена пространственно. Это необходимо для упрощения последующего централизованного анализа данных и создания отчетов из обобщенной базы данных, как для всей компании в целом, так и для каждого ее структурного подразделения. Внедрение

информационной системы с распределенной структурой выполняется, когда требуется обеспечить централизованный контроль над изменениями данных в удаленных отделениях организации.

Задачи организации функционирования и развития распределенной информационной системы состоит из следующих компонентов:

- Обеспечение непрерывного соответствия отдельных компонентов (служб) ИС бизнес-потребностям на протяжении всего их срока службы в составе системы.

- Определение оптимального состава и количества узлов (серверов приложений) в распределенной системе, а также эффективного размещения компонентов между этими узлами.

- Согласование жизненных циклов отдельных компонентов системы с целью максимизации функционального покрытия потребностей бизнеса на протяжении всего существования ИС предприятия.

- Организация оптимального взаимодействия между компонентами системы для повышения ее способности к автоматизации как стандартных, так и уникальных бизнес-процессов.

- Проведение реструктуризации ИС с целью устранения излишней функциональности с целью повышения гибкости системы и улучшения ее эксплуатационных характеристик [3, с. 104].

Можно выделить следующий алгоритм построения распределенных ИС, который представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Алгоритм построения распределенных ИС

На первом этапе осуществляется начальное разделение корпоративной информационной системы, разбивая систему бизнес-процессов на различные компоненты, которые обслуживают разные потоки данных, задачи, а также отдельные подразделения и другие аспекты. Итогом данной фазы является создание модели бизнес-процессов предприятия, которые

объединены в подсистемы и логические группы на основе их характеристик.

На этапе выделения информационных, функциональных и пользовательских связей, происходит разделение подсистем на отдельные бизнес-задачи, анализ информационных взаимосвязей между службами и оптимизация их структуры. Этап масштабирования подзадач связан с техническим анализом структуры

корпоративной информационной системы, решением задач балансировки нагрузки между узлами распределенного приложения, выбором технологии взаимодействия служб, с учетом факторов развертывания системы, надежности ее работы, отказоустойчивости, среднего времени отклика на запрос и других соответствующих аспектов. Особое внимание следует уделить выбору метода обмена сообщениями между компонентами распределенной системы.

Существует два основных метода обмена сообщениями:

1. Синхронный обмен предполагает мгновенную коммуникацию между компонентами системы в реальном времени с двусторонним контролем процесса. Технологии синхронного обмена сообщениями просты и быстры, но требуют значительных ресурсов сетевой инфраструктуры предприятия.

2. Асинхронный обмен, наоборот, осуществляется в одностороннем порядке, где ответ на сообщение не ожидается. Обмен сообщениями между компонентами реализуется с помощью инфраструктурных механизмов, таких как очереди и стеки сообщений. Этот способ обмена более надежен и не требует высоких требований к аппаратному обеспечению, но может делать время реакции системы непредсказуемым и потребляет более сложные алгоритмы управления сообщениями [4, с. 178].

В настоящее время доступны технологии, которые позволяют комбинировать возможности как синхронного, так и асинхронного обмена данными. Однако выбор метода обмена сообщениями имеет значительное воздействие на архитектурные решения, принимаемые на этапе проектирования системы. Поэтому критически важно определить этот выбор именно в начальной стадии разработки распределенной информационной системы.

Последним этапом в создании распределенной системы является выполнение реализации отдельных серверов приложений и служб в соответствии с разработанной архитектурой, проведение тестирования и внедрение их в эксплуатацию.

Для достижения оптимальной производительности и гибкости структуры распределенной системы часто требуется рассмотрение следующих ключевых характеристик:

– Минимизация связей в системе. Когда в информационной системе (ИС) существует множество взаимосвязанных компонентов (служб), возникают проблемы с их повторным

использованием. Эти проблемы могут быть решены путем снижения уровня связности между компонентами. Под связностью системы мы понимаем количество информационных и функциональных связей между отдельными службами в корпоративной ИС [5, с. 63].

Для устранения избыточной связности в системе могут быть использованы следующие методы:

а) перераспределение функциональности между разными службами;

б) перемещение служб между серверами приложений с акцентом на превращение межузловых связей во внутриузловые;

в) разработка диспетчерских и управляющих служб, которые выполняют расширенные функции управления связями между другими службами в системе.

– Высокая функциональная связность (High Cohesion) в службах корпоративной информационной системы. Функциональная связность – это мера фокусировки служб в распределенной системе на выполнении конкретных задач. Компонент обладает высокой связностью, если его обязанности тесно взаимосвязаны и он не выполняет множество разнообразных задач. Служба с низкой связностью, наоборот, выполняет много разнородных функций или задач, не имеющих между собой четкой связи. Идеальным считается компонент, который выполняет наименьшее количество специфических задач и имеет четко определенную область применения.

– Равномерное распределение служб между узлами распределенной сети является ключевым фактором для улучшения технических характеристик распределенной системы. Этот баланс может быть оценен с нескольких точек зрения:

а) с точки зрения производительности, равномерность достигается путем согласования времени выполнения служб на разных узлах сети;

б) с учетом использования памяти, цель состоит в обеспечении максимальной средней емкости системы;

в) с точки зрения реализуемой функциональности, стремятся достичь максимальной автономности отдельных узлов в распределенной системе [6, с. 51].

График зависимости изменения производительности от количества узлов, составляющих распределенную сеть, представлен на рисунке 2.

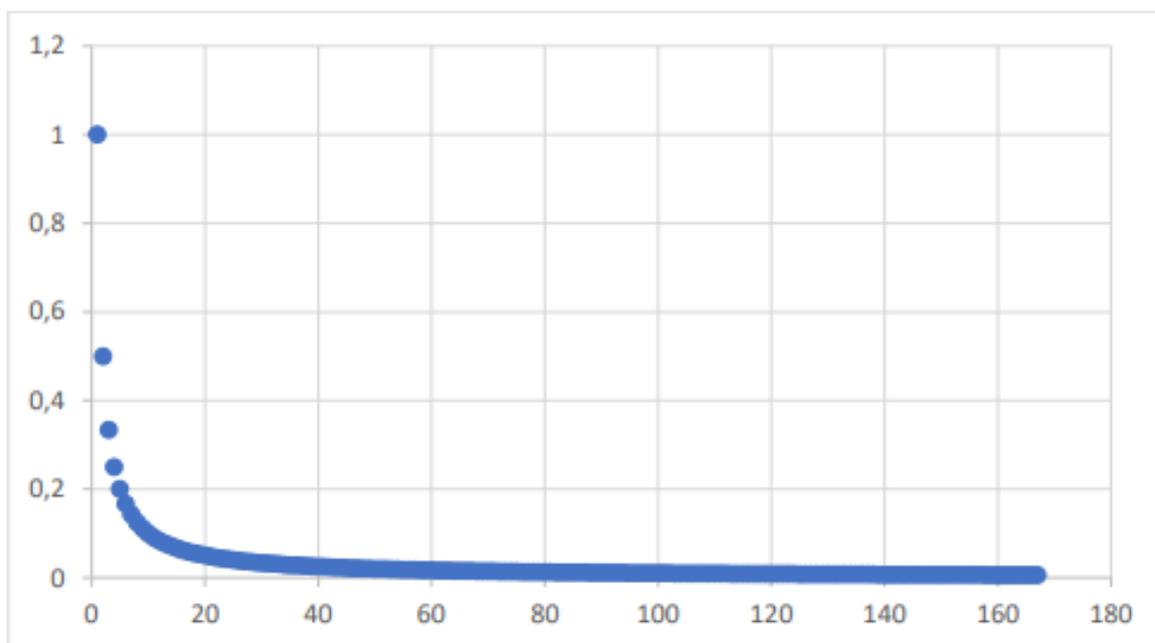


Рис. 2. Зависимость критичности сбоя одного узла для распределенной системы от количества узлов

Исходя из данной диаграммы, наиболее существенное уменьшение рисков, связанных с добавлением узлов в распределенную систему, наблюдается в случаях, когда количество серверов ограничено. Если распределенная система уже включает в себя множество разнообразных серверов и каждый из них выполняет дублирующую логику, то добавление дополнительного сервера лишь незначительно снизит риски.

Тем не менее, следует отметить, что дополнительные серверы, внедренные в распределенную систему, будут способствовать увеличению ее производительности [7, с. 60].

Выводы

РИС позволяют адаптироваться к изменяющимся потребностям и масштабироваться по мере необходимости. Это важно для организаций, которые стремятся расти и развиваться. РИС обладают распределенной архитектурой, что повышает отказоустойчивость. Они способны функционировать даже при отказе одного или нескольких компонентов. Для обеспечения стабильной работы РИС необходимы системы мониторинга и обнаружения сбоев, которые позволяют оперативно реагировать на проблемы.

Литература

1. Божко В.П. Информационные технологии в экономике и управлении: учебно-методический комплекс / В.П. Божко, Д.В. Власов, М.С. Гаспарян. – М.: Изд. центр Евразийского открытого ун-та, 2019. – 164 с.
2. Бурдонов И.Б., Косачев А.С., Пономаренко В.Н., Шнитман В.З. Обзор подходов к верификации распределенных систем. – М.: Российская Академия Наук. Институт системного программирования (ИСП РАН), 2003. – 51 с.
3. Булгаков С.В. Сложные системы: монография / С.В. Булгаков, В.Я. Цветков. – М.: МАКС Пресс, 2019. – 183 с.
4. Градусов, Д.А. Распределенные информационные системы: учеб.-практ. пособие / Д.А. Градусов, А.В. Шутов. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2021. – 386 с.
5. Демина А.В. Распределенные системы: учебное пособие / авт.-сост. А.В. Демина, О.Н. Алексенцева. – Саратов: Саратовский социально-экономический институт (филиал) РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2018. – 108 с.
6. Зацаринный А.А. Оценка эффективности информационно-телекоммуникационных систем / А.А. Зацаринный, Ю.С. Ионенков. – М.: ФИЦ ИУ РАН: НИПКЦ Восход-А, 2020. – 118 с.
7. Масленников Е.В. Распределенные информационные системы: особенности применения и построения / Е.В. Масленников // Молодой ученый. – 2019. – № 22 (260). – С. 59-61.

SOZONTOV Anton Valerievich

Software Engineer, System Architect, Apartment Systems,
Russia, Moscow

DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEMS: FEATURES OF APPLICATION AND CONSTRUCTION

Abstract. *The study is devoted to the analysis and characterization of the features of distributed information systems. In addition, the author presents the technologies that form the basis of web services. The author also outlines an algorithm for constructing distributed IS. The article notes the components that make up the task of organizing the functioning and development of a distributed information system consists of the following components.*

Keywords: *distributed information systems, technology, development, data, web services.*

МЕДИЦИНА, ФАРМАЦИЯ

ЭЛОСТА Мохаммед

врач-хирург отделения хирургия,
Учебная больница Гаряна, Ливия, г. Гарян

ЧУРЛОВСКАЯ Яна Валерьевна

врач-ординатор, ЦКБ Святителя Алексия, Россия, г. Москва

ЛАПАРОСКОПИЧЕСКОЕ И ОТКРЫТОЕ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОЕ ЛЕЧЕНИЕ ГРЫЖ: СРАВНИТЕЛЬНОЕ НЕРАНДОМИЗИРОВАННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Аннотация. Одним из наиболее распространенных осложнений лапаротомии является послеоперационная грыжа, частота которой, по оценкам, составляет 3-20%. Целью данного исследования было сравнить результаты лечения пациентов после грыжесечения как лапароскопического, так и открытого. Обсервационное сравнительное исследование было проведено в больнице Гирьян (Ливия). В исследование были включены все взрослые пациенты, которые соответствовали нашим критериям включения, перенесшие лапароскопическое или открытое удаление грыжи в период с сентября 2018 по сентябрь 2021 года. Основным показателем итога нашего исследования была частота рецидивов, а также вероятность возникновения раневой инфекции. Вторичным показателем исхода этого исследования были продолжительность операции, послеоперационные осложнения и время пребывания в больнице.

В период с сентября 2018 по сентябрь 2021 года 60 пациентов с послеоперационной грыжей, которые соответствовали нашим критериям включения, были прооперированы в отделении общей хирургии больницы Гирьян (Ливия). 31 пациенту было выполнено открытое грыжесечение, а 29 – лапароскопическое грыжесечение. Средний возраст пациентов в группе, которой провели лапароскопическое лечение, составил $45,69 \pm 7,66$ лет, а в группе, в которой операцию делали открытым способом – $46,94 \pm 8,08$ лет, $p=0,543$. В первой группе соотношение мужчин и женщин составило 20/9, в то время как во второй группе оно составило 16/15, значение $p=0,197$. Средний индекс массы тела в первой группе составил $29,83 \pm 3,56$ кг/м², а во второй группе – $30,00 \pm 3,32$ кг/м², значение $p=0,873$. Наиболее значимым результатом было количество суток, проведенных в стационаре.

Лапароскопическое удаление грыжи является безопасной альтернативой открытому способу удаления грыжи. При этом после лапароскопического удаления более короткий срок пребывания в стационаре и меньшее количество раневых осложнений.

Ключевые слова: послеоперационная грыжа, лапароскопическое хирургическое вмешательство.

Введение

Одним из наиболее распространенных осложнений лапаротомии является послеоперационная грыжа, частота которой, по оценкам, составляет 3-20% [1]. Многочисленные исследования сравнивают эффективность лапароскопического и открытого лечения грыж. И там не было никакой разницы в частоте рецидивов или послеоперационной боли между методами, но значительно меньше раневых инфекций возникало после лапароскопической пластики грыжи [2]. Лапароскопическая

послеоперационная пластика грыжи, по-видимому, обладает преимуществами малоинвазивной хирургии (меньше раневых осложнений, меньшая боль и более короткое пребывание в больнице), но нет доказательств уменьшения количества рецидивов по сравнению с открытым послеоперационным удалением грыжи [3, 4].

Целью данного исследования было сравнить результаты лечения пациентов после лапароскопического и открытого грыжесечения.

Методы

Это было проспективное наблюдательное сравнительное исследование, проведенное в больнице Гаряна (Ливия). В исследование были включены все взрослые пациенты, которые соответствовали нашим критериям включения, перенесшие лапароскопическое или открытое удаление грыжи в период с сентября 2018 по сентябрь 2021 года.

Критерии включения

- Возраст – > 18 лет
- Включены только неосложненные послеоперационные грыжи
- С медицинской точки зрения пациенты подходят для проведения общей анестезии
- Согласие пациента на любой вид операции

- Размер дефекта от 4 до 10 см
- Индекс массы тела менее 40.

Критерии исключения

- первичная вентральная грыжа
- Возраст <18 лет
- Осложненная послеоперационная грыжа
- Психически больные пациенты/любые когнитивные нарушения (психическое расстройство, болезнь Альцгеймера и т.д.)
- Пациенты с ожирением, ИМТ которых превышает 40.

Одобрение нашего институционального комитета по этике на проведение исследования было получено до начала регистрации пациентов. Письменное и информированное согласие было получено от всех пациентов, участвовавших в исследовании.

Решение о лапароскопической или открытой герниопластике при вентральной грыже было оставлено на усмотрение пациента и лечащего врача. Все операции были выполнены двумя хирургами-консультантами, участвовавшими в этом исследовании. Два хирурга могут выполнять как лапароскопическое, так и

открытое грыжесечение. Были записаны демографические данные пациента, время операции, послеоперационные осложнения, количество дней пребывания в стационаре.

Первичный показатель результата – частота рецидивов и развитие раневой инфекции.

Вторичный показатель результата – время операции, послеоперационные осложнения и время нахождения в больнице.

Оперативные методы

Всем пациентам была проведена эндотрахеальная интубация под общим наркозом. Всем пациентам с послеоперационной грыжей, находящейся в нижней части брюшной полости был установлен катетер Фолея, а пациентам, у которых грыжа локализовалась в верхней части брюшной полости – назогастральный зонд. Всем пациентам с вентральной грыжей за час до операции была введена однократная профилактическая доза цефалоспоринового антибиотика 1-го поколения.

Методика лечения открытой послеоперационной грыжи

Сделан разрез кожи в соответствии с локализацией и размером дефекта, подкожный лоскут приподнят на 3-5 см вокруг дефекта, обнаружен грыжевой мешок, проведен адгезиолиз, затем содержимое вправлено обратно в брюшную полость, и мешок иссечен. Края оболочки были очерчены примерно на расстоянии 3-5 см от края дефекта. Брюшина и задняя стенка прямой мышцы были отсечены от прямой мышцы. Полипропиленовую сетку соответствующего размера накладывали ретромышечно, сетку фиксировали к вышележащей ткани с помощью нерассасывающегося полипропиленового шва 2/0. В плановом порядке был вставлен отсасывающий дренаж и произведена репарация передней оболочки прямой кишки непрерывным полипропиленовым швом № 1, затем было произведено послойное закрытие раны.



Рис. 1. Открытое послеоперационное удаление грыжи

Хирургическая техника лапароскопического послеоперационного удаления грыжи

Пневмоперитонеум был установлен с помощью иглы Вересса, введенной либо в левое, либо в правое подреберье. Трояк прямой обзора был вставлен сбоку в область между гребнем подвздошной кости и реберным краем. Был использован 30-градусный 10-миллиметровый лапароскоп. Большинство грыж можно устранить с помощью одного 10-миллиметрового отверстия для телескопа, другого 12-миллиметрового отверстия для степлера и двух 5-миллиметровых отверстий, расположенных сбоку в верхнем и нижнем квадрантах соответственно. Был проведен адгезиолиз, и края

дефекта были четко очерчены по диаметру разреза шейки грыжи; и подбирался размер протеза так, чтобы он перекрывал дефект не менее чем на 30 мм со всех сторон. Мы использовали двухповерхностный протез с расширенной сеткой соответствующего размера (proceed mesh® Ethicon Inc.). Сальник размещали между протезом и тонким кишечником. Сетку неадгезивной поверхностью обращали к внутренним органам и фиксировали сетку с помощью 4 длинных трансфасциальных полипропиленовых швов 1/0, а также накладывали краевые швы для обеспечения надлежащей ориентации с последующим наложением двойной коронки из скоб.

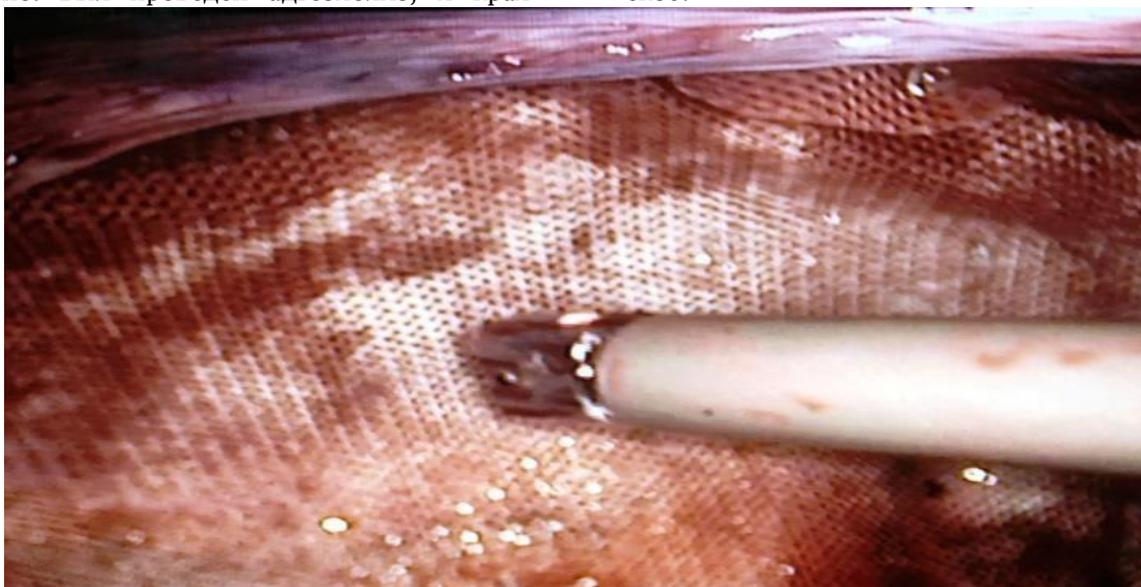


Рис. 2. Лапароскопическое послеоперационное удаление грыжи

Статистический анализ

SPSS (IBM, SPSS) Статистика, версия 16 была использована для статистического анализа. Группы сравнивались с использованием критерия Хи-квадрат или критерия Фишера для категориальных переменных и Т-критерия для непрерывных переменных. Значение $P < 0,05$ считалось нормальным.

Результаты

В период с сентября 2018 по сентябрь 2021 года 60 пациентов с послеоперационной грыжей, которые соответствовали нашим критериям включения, были прооперированы в отделении общей хирургии больницы Гаряна, Гарян, Ливия. 31 пациенту было выполнено открытое оперативное вмешательство, а 29 – лапароскопическое. Демографические данные пациентов были представлены в (таблица 1).

Таблица 1

Демографические данные пациентов

	LHR	OHR	P value
Возраст	45.69± 7.66 years	46.94±8.08 years	0.543
Пол Мужчина/женщина	20/9	16/15	0.197
ИМТ	29.83±3.56 kg/m ²	30.00±3.32 kg/m ²	0.873

Оперативные и послеоперационные критерии представлены в таблице 3. Наиболее значимым критерием стало длительность пребывания в больнице. Оно было значительно короче в группе лапароскопического лечения

грыж, а также вероятность возникновения раневой инфекции значительно ниже в группе лапароскопического послеоперационного лечения грыж (табл. 3, 4).

Таблица 2

Расположение грыжи и предыдущий разрез

	LHR	OHR
Верхняя средняя линия	7	6
Нижняя средняя линия	8	9
Нижняя парамедианная	5	4
Верхняя парамедианная	6	6
Правая подвздошная ямка косая	2	3
Правый подреберный	1	3
тотальный	29	31

Таблица 3

Оперативные и послеоперационные результаты

	LHR	OHR	P, value
Средний размер дефекта (см)	7.76±1.15cm	8.03±1.04 cm	0.340
Среднее оперативное время (минуты)	124.82±14.04 minutes	117.26±20.20 minutes	0.118
Интраоперационные осложнения	1/29	0/31	0.483
Среднее время пребывания в больнице (дни)	3.03±0.82 days	5.25±0.98 days	0.000
Время наблюдения (месяцы)	27.24±3.06 months	27.12±3.04 months	0.340
Рецидивы	1/29	0/31	0.483

Вероятность развития раневых осложнения представлены в таблице 4.

Таблица 4

Раневые осложнения

	LHR	OHR	P value
Раневые инфекции	1/29	7/31	0.05
серома	6/29	5/31	0.745
меш инфекции	0/29	1/31	1.000

Обсуждение

За последние два десятилетия были достигнуты значительные результаты в хирургическом лечении грыж, но результаты по-прежнему не столь значительны, что отмечают многие эксперты. Частота рецидивов после пластики послеоперационной грыжи различается в зависимости от методики, которая была использована для лечения. Было подсчитано, что частота рецидивов при первичной пластике с использованием шва составляла от 12% до 54%, в то время как при пластике сеткой частота рецидивов достигала 36% [5-8].

Блан и Бут описали первое лапароскопическое лечение грыжи [9]. По сравнению с открытым разрезом оперативные и послеоперационные результаты были представлены в таблице 3. Лапароскопическое удаление грыжи имеет много преимуществ, таких как меньшая частота инфицирования места операции, уменьшение рецидивов и меньшая продолжительность пребывания в стационаре. Но также имеется ряд недостатков, таких как большая продолжительность операции, высокие затраты на используемое оборудование, лапароскопические инструменты и сетку. Эти две методики отличаются в двух существенных аспектах: при

лапароскопии часто оперативное вмешательство заканчивается без первичного закрытия фасции, а при открытом способе выполняется установка внутрибрюшинной сетки [10-13].

Результаты этого исследования показывают, что наиболее существенными критериями, по которым можно судить о результатах лечения являются сроки пребывания в стационаре, которые значительно меньше при лапароскопическом способе удаления грыжи, и вероятность осложнений, связанных с раной, которые развиваются реже при лапароскопическом удалении грыжи [14-15].

Заключение

Лапароскопическое грыжесечение является безопасной альтернативой открытому способу удвоения грыж с более коротким сроком пребывания в стационаре и меньшей вероятностью раневых осложнений при условии наличия достаточного опыта хирурга и необходимого оборудования. Однако в будущем нам потребуется крупное рандомизированное контролируемое исследование в нашей больнице, чтобы более детально исследовать это преимущество, поскольку данное исследование было небольшим и не рандомизированным.

Литература

1. Read RC, Yoder G. Recent trends in the management of incisional herniation. *Arch Surg.* 1989;124(4):485-8.
2. Sauerland S, Walgenbach M, Habermalz B, Seiler C M, Miserez M. Laparoscopic versus open surgical techniques for ventral or incisional hernia repair. *Cochrane Database Syst Rev.* 2011;Cd007781.
3. Forbes SS, Eskicioglu C, McLeod RS. Meta-analysis of randomized controlled trials comparing open and laparoscopic ventral and incisional hernia repair with mesh. *Br J Surg.* 2009;96:851-8.
4. Sajid MS, Bokhari SA, Mallick AS. Laparoscopic versus open repair of incisional/ventral hernia: a meta-analysis. *Am J Surg.* 2009;197:64-72.
5. Anthony T, Bergen PC, Kim LT. Factors affecting recurrence following incisional herniorrhaphy. *World J Surg.* 2000;24:95-100.
6. Luijendijk RW, Hop WC, van den Tol MP. A comparison of suture repair with mesh repair for incisional hernia. *N Engl J Med.* 2000;343:392-8.
7. Liakakos T, Karanikas I, Panagiotidis H. Use of marlex mesh in the repair of recurrent incisional hernia. *Br J Surg.* 1994;81:248-9.
8. Toniato A, Pagetta C, Bernante P. Incisional hernia treatment with progressive pneumoperitoneum and retromuscular prosthetic hernioplast, Lagenbecks. *Arch Surg.* 2002;387:246-8.
9. LeBlanc KA, Booth WV. Laparoscopic repair of incisional abdominal hernias using expanded polytetrafluoroethylene: preliminary findings. *Surg Laparosc Endosc.* 1993;3:39-41.
10. O'Meara L, Ahmad SB, Glaser J, Diaz JJ, Bruns BR. Outcomes of primary fascial closure after open abdomen for non-trauma emergency general surgery patients. *Am J Surg.* 2014;210(6):1126-30.
11. Suwa K, Okamoto T, Yanaga K. Closure versus non-closure of fascial defects in laparoscopic ventral and incisional hernia repairs: a review of the literature. *Surg Today.* 2016;46(7):764-73.
12. LeBlanc K. Proper mesh overlap is a key determinant in hernia recurrence following laparoscopic ventral and incisional hernia repair. *Hernia.* 2016;20(1):85-99.
13. Pawlak M, Hilgers RD, Bury K, Lehmann A, Owczuk R, Smietanski M. Comparison of two different concepts of mesh and fixation technique in laparoscopic ventral hernia repair: a randomized controlled trial. *Surg Endosc.* 2016;30(3):1188-97.
14. Chalabi HA, Larkin J, Mehigan B, McCormick P. A systematic review of laparoscopic versus open abdominal incisional hernia repair, with meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Surg.* 2015;20:65-74.
15. Zhang Y, Zhou H, Chai Y, Cao C, Jin K, Hu Z. Laparoscopic versus open incisional and ventral hernia repair: a systematic review and meta-analysis. *World J Surg.* 2014;38:2233-40.

ELOSTA Mohammed

Doctor-Surgeon of the Department of Surgery,
Garen Training Hospital, Libya, Garian

CHURLOVSKAYA Yana Valeryevna

Resident Physician, St. Alexy Central Medical Center,
Moscow, Russia

**LAPAROSCOPIC VERSUS OPEN INCISIONAL HERNIA REPAIR:
COMPARATIVE NON-RANDOMIZED STUDY**

Abstract. *One of the most common complications of laparotomy is Incisional hernia, with an estimated incidence of 3-20%. The objective of this study was to compare the outcome of patients after laparoscopic and open incisional hernia repair. This was a prospective observational comparative study, in Ghiryan Hospital, Ghiryan, Libya. All adult patients who fulfilled our inclusion criteria underwent laparoscopic or open incisional hernia repair from September 2018 to September 2021 were included in the study. Primary outcome measure of this study was recurrence rate, wound infection. And secondary outcome measure of this study was operative time, postoperative complications and hospital stay.*

Between September 2018 and September 2021, 60 patients with incisional hernia had fulfilled our inclusion criteria were operated at the general surgery department at Ghiryan hospitals, Ghiryan, Libya. 31 patients had open incisional hernia repair and 29 had laparoscopic incisional hernia repair. The mean age for laparoscopic repair group was 45.69 ± 7.66 years and for open repair group was 46.94 ± 8.08 years p value 0.543. In laparoscopic group male to female ratio 20/9 was while in open group it was 16/15 p value 0.197. the mean body mass index for laparoscopic group was $29.83 \pm 3.56 \text{ kg/m}^2$ and for open group $30.00 \pm 3.32 \text{ kg/m}^2$ p value= 0.873. the most significant finding was hospital stay which was significantly shorter in laparoscopic incisional hernia repair group.

Laparoscopic incisional hernia repair is a safe alternative to laparoscopic incisional hernia repair with a shorter hospital stay and a lower wound complication.

Keywords: *incisional hernia, laparoscopic surgery repair.*

Актуальные исследования

Международный научный журнал

2023 • № 37 (167)

Часть I

ISSN 2713-1513

Подготовка оригинал-макета: Орлова М.Г.

Подготовка обложки: Ткачева Е.П.

Учредитель и издатель: ООО «Агентство перспективных научных исследований»

Адрес редакции: 308000, г. Белгород, пр-т Б. Хмельницкого, 135

Email: info@apni.ru

Сайт: <https://apni.ru/>

Отпечатано в ООО «ЭПИЦЕНТР».

Номер подписан в печать 18.09.2023г. Формат 60×90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.

308010, г. Белгород, пр-т Б. Хмельницкого, 135, офис 40