

## **Аннотация**

**Общая характеристика работы.** В диссертационной работе представлены результаты разработки новых подходов к защите информации при передаче команд группам БПЛА в ходе прямой радиовидимости.

**Актуальность темы исследования.** Актуальность работы определяется сложившимися тенденциями в области использования роботизированных вооружений и боевой техники. Имеет место существенный рост концентрации БПЛА вблизи линии боевого соприкосновения (ЛБС), а также возрастание значения радиоэлектронной борьбы (РЭБ), в том числе ведущейся непосредственно вблизи ЛБС. Актуальным становится защищенное использование БПЛА при управлении с достаточно короткого расстояния (порядка нескольких километров), что обеспечивается, в частности, при помощи передачи команд по оптоволоконной линии связи. Наблюдается также устойчивый переход к использованию БПЛА в групповом режиме, причем здесь также более чем велико значение защиты информации от оператора к группе. Тем самым актуальной становится разработка новых методов защиты информации в зоне прямой радиовидимости (по порядку величины это отвечает удаленности линии горизонта, т.е. около 4 км.), которые позволяли бы отказаться как от использования шифросистем, так и от использования протяжённых оптоволоконных линий связи.

**Связь темы с конкурсами на грантовое финансирование по научным и (или) научно-техническим проектам:**

Исследования выполнялись в соответствии с утвержденным планом исследований, МНВО РК и в рамках научного проекта АР23490107 «Разработка теоретико-информационных методов описания преобразователей волновых сигналов на основе использования конечных алгебраических структур».

**Объектами исследования являются** системы защиты информации, предназначенные для передачи команд от оператора к группе БПЛА в зоне прямой радиовидимости.

**Предметом исследования являются** теоретические основы управления группами беспилотных аппаратов оборонного назначения.

**Цель исследования:**

Разработка системы защиты информации, предназначенной для передачи команд от оператора к группе БПЛА в зоне прямой радиовидимости, и ее отработка на физически реализованных электронных схемах.

**Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:**

- разработать теоретические основы организации защищенного канала передачи команд от оператора к группе БПЛА, связанных между собой

оптоволоконными линиями передачи данных, предназначенного для использования в зоне прямой радиовидимости;

- разработать метод измерения мгновенных значений частоты, амплитуды и фазы квазигармонического колебания, предназначенный для использования в системе защиты информации, передаваемой от оператора группе БПЛА;

- разработать и реализовать электронные схемы, доказывающие работоспособность и практическую полезность предложенного метода защиты информации;

- разработать новый метод обфускации данных на основе операции дискретного логарифмирования в квази-мерсенновских полях Галуа.

#### **Способ достижения цели:**

Использованы методы математического моделирования, методы разработки и отладки электронных схем, методы тестирования и доказательства работоспособности электронных схем.

#### **Результаты исследования:**

- Разработана теория, обеспечивающая создание защищенного канала передачи команд от оператора к группе БПЛА, связанных между собой оптоволоконными линиями передачи данных, предназначенного для использования в зоне прямой радиовидимости.

- Разработан и апробирован метод измерения мгновенных значений частоты, амплитуды и фазы квазигармонического колебания, основанный на использовании фазовых портретов, предназначенный для использования в системе защиты информации, передаваемой от оператора группе БПЛА.

- Разработаны электронные схемы, доказывающие работоспособность и практическую полезность предложенного метода защиты информации.

- Разработан новый метод обфускации данных на основе операции дискретного логарифмирования в квази-мерсенновских полях Галуа и осуществлена проверка его базовых электронных компонент.

#### **Научная новизна диссертационного исследования состоит в том, что:**

- разработана теория, обеспечивающая создание защищенного канала передачи команд от оператора к группе БПЛА, связанных между собой оптоволоконными линиями передачи данных, предназначенного для использования в зоне прямой радиовидимости;

- разработан и апробирован метод измерения мгновенных значений частоты, амплитуды и фазы квазигармонического колебания, основанный на использовании фазовых портретов, предназначенный для использования в системе защиты информации, передаваемой от оператора группе БПЛА;

- разработаны и реализованы электронные схемы, доказывающие работоспособность и практическую полезность предложенного метода защиты информации;

- разработан метод вычисления дискретных логарифмов в квазимерсенновских полях Галуа, в максимальной степени учитывающий особенности таких полей и продемонстрировано, что на этой основе может быть реализован новый метод обфускации данных.

#### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Защита информации, передаваемой от оператора к группе БПЛА в зоне прямой радиовидимости, обеспечивается за счет использования оптоволоконных линий связи между элементами группы и идентификации местоположения оператора радиотехническими методами.

2. Идентификация положения источника радиосигнала осуществима радиотехническими методами за счет использования схемы, реализующей измерение мгновенных значений частоты, амплитуды и фазы квазигармонического сигнала методом фазовых портретов.

3. Новый метод вычисления дискретных логарифмов, разработанный целенаправленно для квазимерсенновских полей Галуа, позволяет реализовать новый метод обфускации данных.

**Значимость исследования в национальном и международном масштабах** состоит в том, что результаты выполненных работ являются основой для создания нового типа системы защиты информации и системы противодействия массовым беспорядкам (национальный масштаб), а также в том, что разработан и апробирован новый метод измерения мгновенных значений частоты, амплитуды и фазы квазигармонического сигнала методом фазовых портретов (международный масштаб).

**Научные и технологические нужды** (экономическая и индустриальная заинтересованность).

В условиях нарастающей геополитической турбулентности РК нуждается в существенной модернизации боевой техники, стоящей на вооружении казахстанских Вооруженных Сил и иных силовых структур, включая системы, предназначенные для противодействия массовым беспорядкам.

Качественные изменения в характере боевых действий требуют создания принципиально новых подходов обеспечению защиты информации, передаваемой от оператора к роботизированным вооружениям различного назначения.

**Личный вклад автора** заключается в самостоятельном планировании и выполнении экспериментальной части исследования, а также интерпретации и обработке полученных данных, разработке алгоритмов и математических моделей. Автор также работал совместно с научными консультантами над постановкой задач и обсуждением результатов исследования.

#### **Апробация работы.**

Основные результаты и выводы, полученные в ходе исследования, а также предложения и рекомендации, основанные на этих результатах, были

доложены и обсуждены на республиканских и международных конференциях, а также опубликованы в научных журналах. Все эти публикации полностью отражают результаты данного исследования, связанного с темой диссертации.

### **Публикации.**

Результаты исследований отражены в следующих научных работах, в том числе:

По теме диссертации опубликовано 7 печатных работ. Из них 1 – в журнале, входящем в 1-й квартиль по базе данных Scopus (Скопус), 3 – в журналах, входящих во 2-й квартиль по базе данных Scopus (Скопус), 1 – в журнале, входящем в 3-й квартиль по базе данных Scopus (Скопус), 1 – в журнале, входящем в 4-й квартиль по базе данных Scopus (Скопус), 1 – в журналах рекомендованном КОКСОН. В каждую опубликованную статью докторантом был внесен достойный вклад, в них отражены выносимые на защиту положения, результаты, полученные докторантом в ходе проведенных исследований:

1. Shaltykova, D., Kadyrzhan, A., Vitulyova, Y., & Suleimenov, I. (2026). The Provision of Physical Protection of Information During the Transmission of Commands to a Group of UAVs Using Fiber Optic Communication Within the Group. *Drones*, 10(1), 24. <https://doi.org/10.3390/drones10010024>

- реализация конкретной схемы защиты информации в соответствии с предложенным подходом.

2. Suleimenov, I., Kadyrzhan, A., Vitulyova, Y. et al. The use of fiber optics for securing information during command transmission to UAV groups. *International Journal of Information Technology*. (2025). <https://doi.org/10.1007/s41870-025-02719-2>. - 1

- реализация конкретной схемы защиты информации в соответствии с предложенным подходом.

3. Ermukhambetova, Bayana & Mun, Grigoriy & Kabdushev, Sherniyaz & Kadyrzhan, Aruzhan\* & Kadyrzhan, Kaisarali & Vitulyova, Yelizaveta & Suleimenov, I. (2023). New approaches to the development of information security systems for unmanned vehicles. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*. 31. 810. 10.11591/ijeecs.v31.i2.pp810-819. – 1

- реализация конкретной схемы защиты информации в соответствии с предложенным подходом.

4. Vitulyova, Yelizaveta & Kadyrzhan, Kaisarali & Kadyrzhan, Aruzhan\* & Shaltykova, Dina & Suleimenov, I. (2024). Reducing the description of arbitrary wave field converters to tensor form. *International Journal of Information Technology*. 10.1007/s41870-024-01863-5. – 2

- обоснование связи предложенного метода с общими проблемами защиты информации

5. Vitulyova, Yelizaveta & Kadyrzhan, Kaisarali & Kadyrzhan, Aruzhan\* & Suleimenov, I. (2024). Application of focusing systems to the protection of

information during data transmission in the zone of direct radio visibility. International Journal of Electronics and Telecommunications. 699-705. 10.24425/ijet.2024.149599. – 1

- реализация конкретной схемы защиты информации в соответствии с предложенным методом.

6. Kadyrzhan, A.; Matrassulova, D.; Vitulyova, Y.; Suleimenov, I. Discrete Cartesian Coordinate Transformations: Using Algebraic Extension Methods. Appl. Sci. 2025, 15, 1464. <https://doi.org/10.3390/app15031464> - 3.

- реализация конкретных примеров использования предложенной в работе методики

7. Кадыржан, А., Витулёва, Е., Қадыржан, Қ., Сулейменов, И., & Жауыт, Ә. (2025). ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ БЕСПИЛОТНЫХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ВОЕННОГО И ГРАЖДАНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ. Вестник КазАТК, 137(2), 544–553. <https://doi.org/10.52167/1609-1817-2025-137-2-544-553> - 1

- написание части статьи, относящейся к использованию метаматериалов в радиочастотном диапазоне.

### **Охранный документ РК**

Имеется 1 патент на изобретение «Способ реализации беспилотного аппарата-носителя боеприпаса воздушного базирования».

Была подана заявка на изобретение «Способ защиты информации в зоне прямой радиовидимости». На данный момент имеется положительный результат формальной экспертизы.

**Объем и структура диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения и списка использованных источников из 220 наименований; содержит 136 страниц основного компьютерного текста, включая 40 рисунков, 10 таблиц и 186 формул.