

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию и автореферат диссертации Захаркина Григория Федоровича «Разработка специального математического и программного обеспечения для систем охранной сигнализации с винтовым магнитометрическим преобразователем», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (Информатизация и связь)

### Актуальность темы диссертации

В современном обществе сохраняются и постоянно модифицируются угрозы личности, обществу и государству. Наибольшую опасность представляют угрозы террористического характера, проникновение на важные государственные объекты и объекты жизнеобеспечения, промышленные предприятия и в частные владения с целью вывода из строя оборудования или хищения материальных ценностей.

Среди всех видов противоправных действий злоумышленников значительную долю составляют действия, связанные с проникновением на объект через охраняемый периметр.

Наиболее эффективно задачи охраны объектов решаются комбинированием на охраняемом рубеже средств, построенных на различных некоррелированных физических принципах обнаружения. Особую роль здесь играют магнитометрические средства обнаружения (МСО), поскольку они обнаруживают только «магнитогрязного» нарушителя (в т.ч. наиболее опасного – вооруженного или с техническими средствами), могут скрытно устанавливаться на рубеже, не обнаруживаются визуально и с помощью технических средств, не создают помех работе других систем обнаружения, позволяют блокировать одним комплектом изделия рубежи большой протяженности (до 500 м).

В настоящее время в теории и практике построения МСО основной проблемой является их недостаточная помехоустойчивость и электромагнитная совместимость, поскольку обнаружение ведется в лучшем случае при отношении  $S/N \approx 3...6$  для реальных условий охраняемых объектов. Поток ложных тревог может вызываться промышленными помехами, линиями электропередач, электродвигателями, радиостанциями, атмосферным электричеством, магнитными бурями, случайным

перемещением чувствительного элемента в геомагнитном поле (в результате оползней, камнепадов, землетрясений, перемещении массивных объектов).

Другие проблемы существующих МСО связаны с малой дальностью обнаружения (0,3...0,6 м для мелких предметов в амуниции нарушителя и до 5 м крупная техника), низкими возможностями распознавания источника воздействия, сложностью обеспечения равномерной чувствительной зоны вдоль рубежа (имеются зоны локальной нечувствительности), созданием высокочувствительных (нВ) малошумящих первичных усилителей сигнала с выхода преобразователя.

Исследование Захаркина Г.Ф. направлено на повышение помехоустойчивости и информативности МСО, что позволит повысить эффективность технических систем охраны объектов и протяженных участков местности.

Таким образом, разработка математического и программного обеспечения для систем охранной сигнализации с винтовым магнитометрическим преобразователем является актуальной.

### **Анализ содержания диссертационной работы**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка использованных источников из 81 наименования, 6 приложений и содержит 65 рисунков и 12 таблиц.

*Во введении* изложена общая характеристика работы, обоснована ее актуальность, сформулирована цель исследования, отражена научная новизна и значимость работы.

*В первой главе* проведен анализ современного состояния магнитометрических систем распределенного типа. Сформулированы задачи исследования.

*В второй главе* разработана обобщенная математическая модель информационного сигнала в магнитометрическом преобразователе с винтовой структурой, отличающаяся от ранее известных тем, что учитывает произвольные значения параметров движения объекта обнаружения. Доказана адекватность разработанной математической модели информационного сигнала путем анализа соответствия расчетных сигналов природе магнитных явлений и статистической проверки степени совпадения модели и натурных измерений.

*В третьей главе* на основе разработанной модели информационного сигнала разработано программное обеспечение и сформирован банк

расчетных реализаций информационного сигнала. Анализ банка расчетных сигналов позволил выявить влияние конструктивных параметров винтового преобразователя и параметров движения объекта обнаружения на характеристики информационного сигнала. Сформулированы рекомендации по построению винтового магнитометрического преобразователя.

*В четвертой главе* описан разработанный и созданный программно-аппаратный комплекс для исследования сигналов в магнитометрических системах обнаружения, синтеза алгоритмов работы блока принятия решения и оценки качества их работы. Программное обеспечение комплекса позволило оценить потенциальные характеристики обнаружения при использовании амплитудной пороговой схемы принятия решения для одно- и двухконтурного винтового первичного магнитометрического преобразователя, а также определить типы объектов обнаружения, по которым может эффективно работать распределенные магнитометрические системы нового типа. Реализован алгоритм принятия решения на основе различных типов нейронных сетей. Произведен сравнительный анализ характеристик качества работы классического параметрического порогового обнаружителя и алгоритмов машинного обучения.

*В заключении* подведены итоги исследования и сформулированы основные научные и практические результаты.

*В приложениях* представлены сигнатуры информационных сигналов, полученные с помощью разработанной математической модели, а также программное обеспечение по реализации формирования банка расчетных сигналов и программно-аппаратного комплекса исследования магнитометрических систем обнаружения.

### **Качество изложения и оформления материалов**

Диссертация хорошо структурирована, материалы изложены последовательно и логично, текст изложен грамотным научным стилем, принятым в среде исследователей и разработчиков МСО. Диссертация обладает внутренним единством.

Ссылки на источники корректны, заимствования текста без ссылок на авторов не выявлены.

Материалы диссертации оформлены в соответствии с ГОСТ 7.32-2017.

Автореферат диссертационной работы является самостоятельным научным трудом, соответствует ее содержанию и структуре, полностью отражает положения и результаты, выносимые на защиту.

## **Степень обоснованности сформулированных в диссертации положений, и достоверность полученных результатов**

Обоснованность положений и достоверность полученных результатов обеспечивается строгостью постановок частных научных задач, корректным использованием математического аппарата статистической радиотехники, численного и имитационного моделирования, широкой апробацией результатов на 4 Всероссийских и двух международных конференциях, достаточной степенью опубликования положений и результатов, выносимых на защиту, в т.ч. в рецензируемых научных изданиях.

**Соответствие диссертации паспорту специальности.** Диссертация соответствует паспорту специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (информатизация и связь), а именно пункту 4 в части разработанных алгоритмов блоков принятия решения с применением нейросетевых технологий и пункту 5 в части алгоритмизации математического моделирования процессов сигналообразования на выходе магнитометрического преобразователя, разработки программно-аппаратного комплекса для исследования сигналов и потенциальных характеристик магнитометрических систем обнаружения.

### **Научная новизна результатов:**

1. Разработана математическая модель информационного сигнала на выходе винтового магнитометрического преобразователя для произвольной прямолинейной траектории движения объекта обнаружения.

2. Установлен характер влияния параметров траектории движения нарушителя на уровень информационного сигнала и обоснована целесообразность применения многоконтурной структуры преобразователя для уменьшения продольной неравномерности чувствительности и улучшения характеристик обнаружения.

3. Разработаны нейросетевые модели принятия решения о наличии объекта в чувствительной зоне магнитометрического преобразователя, позволившее существенно повысить помехоустойчивость по сравнению с классической схемой амплитудного порогового обнаружителя в условиях априорной неопределенности.

**Теоретическая значимость** работы состоит в развитии теории помехоустойчивости пассивных магнитометрических систем обнаружения нарушителей для охраны протяженных периметров объектов и рубежей на местности.

### **Практическая значимость работы:**

1. Разработана концепция и создан программно-аппаратный комплекс для анализа сигналов в пассивных магнитометрических системах обнаружения на основе винтового преобразователя, потенциальных характеристик обнаружения, синтеза алгоритмов работы блока принятия решения об обнаружении.

2. Выработаны рекомендации по конструкции и размещению на охраняемом рубеже магнитометрического преобразователя, определены требования к параметрам тракта обработки сигналов.

3. Синтезированы и апробированы на макете пассивной магнитометрической системы обнаружения нейросетевые алгоритмы работы блока принятия решения об обнаружении объектов как пример реализации методов машинного обучения.

4. Создана репрезентативная база сигналов от объектов обнаружения, позволяющая тестировать как алгоритмы обработки сигналов в пассивных магнитометрических системах, так и изделия в целом.

### **Вопросы и замечания:**

1. При оценке адекватности модели (п. 2.4.2, табл. 2.1) не указано количество использованных экспериментальных реализаций, осуществлялось ли усреднение и по скольким реализациям. Если коэффициент линейной корреляции вычислялся по однократно полученной реализации каждого вида движения, то чему равен уровень значимости оценок адекватности?

2. Автор проверяет на «нормальность» по критерию Пирсона остатки от вычитания натурного сигнала из модельного (стр. 65-68). Следовало бы проверить на попадание в доверительный интервал функции автокорреляции разности указанных сигналов, что служило бы доказательством отсутствия в остатках информативной компоненты.

3. Не ясно, почему автор использует при проверке статистических гипотез критерии Спирмена и Кендала (стр. 69), если по его утверждению имеется созданная им база сигналов объемом около 2000 реализаций и можно было бы применить более мощные критерии.

4. Автор создает базу сигналов методом генерации по представленной в работе модели, интерфейс приведен на стр. 74. В чем смысл такой базы, если сигналы являются детерминированными, поскольку случайная (шумовая) компонента не задается (алгоритм на стр. 76)? Эти сигналы в любом количестве в реальном масштабе времени могут быть

сформированы по формулам модели, причем для каждого повторного вычисления сигналы будут полными копиями.

5. Не ясно, по какому количеству реализаций строилась спектральная плотность мощности сигнала, делалось ли усреднение и каким методом? Аналогичный вопрос по рис. 3.5 (стр. 82).

6. Автор не указывает для рисунков 3.6 и 3.7, что приведены результаты расчетов или экспериментальных измерений.

7. Не указано количество реализаций для параметров статистических распределений для табл. 3.2.

8. В работе приводятся численные значения вероятности ложной тревоги (стр. 107 – 109), но не говорится, для какого временного интервала наблюдения сделаны расчеты и для какого отношения с/ш. Аналогично при построении нейросетевого алгоритма работы блока принятия решения автор не приводит значение с/ш и временной интервал наблюдения, для которого получена вероятность ложной тревоги  $5,9 \cdot 10^{-4}$ .

9. Из работы не ясен объем натурных записей, хотя в Приложении Д приводится описание лабораторной установки для регистрации реальных сигналов с выхода преобразователя. Для использованной платы PCI-001 не приведены данные для минимальной чувствительности по входу, сможет ли она вообще регистрировать сигналы с выхода магнитометрического преобразователя?

10. При исследовании выдвигаемых гипотез, а также моделей на адекватность, автор использует ряд статистических критериев, но при этом не исследует мощность критерия.

11. В автореферате и в диссертации автор ошибочно утверждает, что «... в активных радиотехнических системах весьма затруднено решение задачи идентификации объекта нарушения ...». Следует заметить, что в активных средствах полностью известна структура зондирующего сигнала и его обработка с целью выделения информативных признаков традиционными методами статистической радиотехники не представляет сложности.

12. Опечатки: на рис. 1.18 (стр. 38) к блоку «повышение информативности» приходят входящие потоки данных, в то время, как выходящих нет. На стр. 81 в названии рисунка 3.4 пропущено слово «мощности». На стр. 117 ошибка ссылки.

## **Общее заключение**

Диссертационная работа «Разработка специального математического и программного обеспечения для систем охранной сигнализации с винтовым магнитометрическим преобразователем» Захаркина Г.Ф. является актуальной, обладает внутренним единством, научной новизной, практической и теоретической значимостью и является законченным исследованием. Предложенные в диссертации решения актуальной задачи разработки научно обоснованных рекомендаций по построению магнитометрических систем обнаружения и его структурных элементов за счет разработки специального математического и программного обеспечения являются новыми, обоснованными теоретически и апробированными в условиях экспериментов.

Приведенные вопросы и замечания не снижают общую положительную оценку диссертационной работы Захаркина Г.Ф.

Работа соответствует паспорту специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (информатизация и связь).

Диссертационная работа полностью соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, а ее автор, Захаркин Григорий Федорович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (информатизация и связь).

## **Официальный оппонент**

Профессор кафедры № 35 войсковой части 2337  
доктор технических наук, профессор 

Иванов Владимир Анатольевич

## **Полное название организации:**

Войсковая часть 2337

**Адрес:** 236034, Россия, г. Калининград, ул. Подполковника Емельянова, 244.

**Телефон:** 8(4012) 57-97-25

**Электронный адрес:** не зарегистрирован.

Подпись Иванова Владимира Анатольевича заверяю:

Первый заместитель командира  
войсковой части 2337

  
25.02.2021 г.

И.Н. Крюков