

УДК 004.056:681.5:621.37

DOI 10.24412/2413-7383-2025-3-38-172-181

И. А. Третьяков, М. В. Бабичева, Я. И. Рушечников, В. В. Данилов  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Донецкий государственный университет»  
283001, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Университетская, 24

## ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ОБСТАНОВКИ\*

I. A. Tretiakov, M. V. Babicheva, Ia. I. Rushechnikov, V. V. Danilov  
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
"Donetsk State University"  
283001, Donetsk People's Republic, Donetsk, st. Universitetskaia, 24

## ELEMENTS OF AUTOMATED SCIENTIFIC RESEARCH SYSTEMS FOR RADIO-ELECTRONIC ENVIRONMENT

Разработан программно-аппаратный модуль для обнаружения несанкционированного электромагнитного излучения в диапазоне 85-115 МГц, доработана принципиальная электрическая схема, написаны программы для прошивки микроконтроллера ATtiny85 на алгоритмическом языке C и состыковки модуля с персональным компьютером на языке Pascal, проведены тестовые испытания и калибровка разработанного программно-аппаратного модуля на макетах радиомикрофонов, проведен сравнительный анализ результатов, полученных при помощи разработанного модуля с результатами полученными, при помощи программно-аппаратного модуля SDR Sharp. Подход реализации горизонтального масштабирования компонент систем автоматизированного радиомониторинга позволяет без высоких затрат повысить качественные характеристики радиосистемы, а также расширить список решаемых с её помощью задач.

**Ключевые слова:** ПЭМИН, технические каналы утечки информации, информационная безопасность, АСНИ, радиообстановка, радиомониторинг, программно-определяемых радиосистема

A hardware and software module has been developed to detect unauthorized electromagnetic radiation in the range of 85-115 MHz, an electrical circuit has been finalized, programs have been written for firmware of the ATtiny85 microcontroller in the algorithmic C language and for docking the module with a personal computer in Pascal, test tests and calibration of the developed hardware and software module have been performed on radio microphone layouts, a comparative analysis of the results has been carried out, obtained using the developed module with the results obtained, using the SDR Sharp software and hardware module. The approach of implementing horizontal scaling of components of automated radio monitoring systems makes it possible to improve the quality characteristics of the radio system without high costs, as well as expand the list of tasks solved with its help.

**Key words:** TEMPEST, technical channels of information leakage, information security, ASRS, radio environment, radio monitoring, software-defined radio systems

---

\* Исследование проводилось в рамках научной г/б темы «Исследование природы каналов побочных электромагнитных излучений и наводок элементов и устройств офисной вычислительной техники» (регистрационный номер 124012400347-2).

## Введение

В условиях стремительного роста компьютеризации всех сфер человеческой деятельности одной из ключевых проблем информационной безопасности становятся побочные электромагнитные излучения (ПЭМИН) и радиоканалы технической утечки информации (ТУИ) [1-9]. Актуальность исследования этих явлений, особенно в контексте возрастающей сложности электромагнитной обстановки, продолжает расти [3-5], [7-9]. Несмотря на существование функциональных аналогов для оценки ПЭМИН и ТУИ, разработка новых методов анализа этих явлений остаётся важной и перспективной научно-технической задачей в области информационной безопасности. Из-за множества и сложности вычислений решение этой задачи невозможно без использования инструментов идентификации и создания специализированных автоматизированных систем, таких как автоматизированные системы научных исследований (АСНИ) радиоэлектронной обстановки [10-12]. Такие АСНИ представляют собой комплекс технических средств, программного обеспечения и рекомендаций по их применению.

Для создания такой АСНИ необходима разработка дополнительного специального аппаратного и программного обеспечения, позволяющего решать задачи обнаружения, распознавания, хранения и визуализации, а также находить определённые образы у обнаруженных сигналов.

Таким образом, в процессе исследования каналов ПЭМИН и ТУИ элементов и устройств офисной вычислительной техники, авторами предлагается:

- улучшение характеристик радиосистемы за счёт горизонтального масштабирования её функциональных компонентов;
- совершенствование аппаратных и программных средств сбора, анализа и обработки пространственно-временных характеристик сигналов, оценивание их объема в рамках зоны контроля, их дальнейшая классификация.

## 1 Решение задач автоматизированного радиомониторинга посредством горизонтального масштабирования программно-определяемых радиосистем

Радиомониторинг в условиях современной сложной электромагнитной обстановки позволяет не только анализировать характеристики средств связи и беспроводных технологий, но и эффективно решать задачи информационной безопасности, связанные с контролем радиообстановки [13-15]. Основные трудности в данной инженерной области обусловлены как особенностями аппаратных систем, так и механизмами программной обработки данных о текущем состоянии радиообстановки.

**Цель этой работы** — исследование возможностей улучшения характеристик радиосистемы путём горизонтального масштабирования её функциональных компонентов. Ожидается, что такое улучшение позволит значительно расширить возможности радиомониторинга при решении практических задач.

Масштабирование в данном контексте можно рассматривать как процесс, направленный на увеличение способности информационной системы эффективно справляться с более крупными и сложными задачами. С учётом особенностей оборудования для автоматизированного радиомониторинга выделяется ряд задач, решение которых может быть улучшено через масштабирование. Среди них:

1. Увеличение ширины панорамного обзора принимающей системы.
2. Возможность работы системы в двух несмежных частотных диапазонах.
3. Синхронная работа нескольких приёмных систем в одинаковых частотных диапазонах.

Анализируя различные способы масштабирования автоматизированных информационно-измерительных систем, таких как АСНИ радиоэлектронной обстановки, можно сделать вывод, что улучшение её характеристик возможно преимущественно через горизонтальное масштабирование. Вертикальное масштабирование, предполагающее значительное изменение структуры радиосистемы, зачастую невозможно или нежелательно. Хотя многие производители программно-определяемых (SDR) систем не предусматривают возможность горизонтального масштабирования, оно всё же может быть реализовано путём синхронизации независимых приёмников.

Для объединения нескольких приёмников в единую информационную систему под общим управлением необходимо выполнить следующие условия:

1. Обеспечить многоступенчатую синхронизацию компонентов, используя как общую линию тактирования, так и модельный сигнал с заранее определёнными характеристиками, на которые все компоненты системы будут одинаково реагировать.
2. Обеспечить единую конфигурацию всех компонентов, что критически важно для обеспечения коррелированности получаемых данных о радиообстановке.

Эти рекомендации были использованы для реализации горизонтального масштабирования радиосистемы на базе приёмного оборудования SDR. В результате удалось существенно расширить одну из ключевых характеристик приёмника — ширину панорамного обзора, которая по умолчанию составляет около 2 МГц. Удвоение этой ширины значительно повысило осведомлённость о текущей ситуации в радиомониторинге.

Предложенный подход к горизонтальному масштабированию компонентов автоматизированных систем радиомониторинга позволяет повысить качественные характеристики радиосистемы без значительных финансовых вложений и расширить спектр решаемых задач. Несмотря на сложности, связанные с многоступенчатой синхронизацией частей системы, ограничениями по увеличению числа элементов и усложнённой программной обработкой данных, этот метод остаётся наиболее практичным и экономически целесообразным.

## 2 Программно-аппаратный модуль обнаружения радиоканалов технической утечки информации

С увеличением распространения радиоэлектронных систем радиотехническая разведка становится всё более значимой в сфере разведывательной деятельности. В настоящее время устройства для радиозакладки, способные собирать и передавать информацию, становятся доступны не только специалистам и работникам правоохранительных органов, но и широкой публике.

Для выявления таких радиозакладных устройств применяются комплексы, которые анализируют спектры излучений в контролируемых помещениях, сопоставляя данные, полученные в разное время, для обнаружения несанкционированных сигналов [5], [7], [8]. Ключевым моментом является не только прием и усиление сигналов, но и преобразование их в цифровую форму для дальнейшей обработки. Это позволяет создавать полностью или частично автоматизированные системы, использующие современные технологии компьютерной обработки, включая элементы искусственного интеллекта [16], [17]. На рис. 1 представлена структурная схема разработанного приемного устройства.

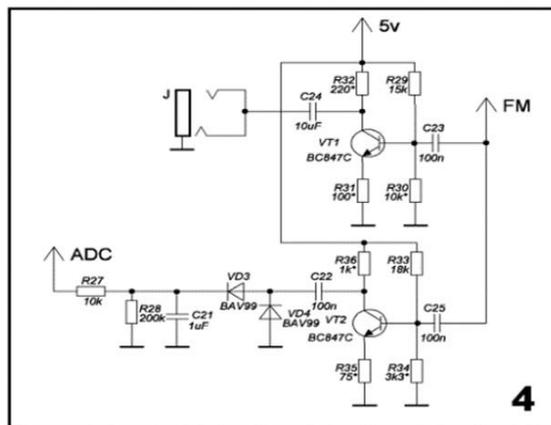
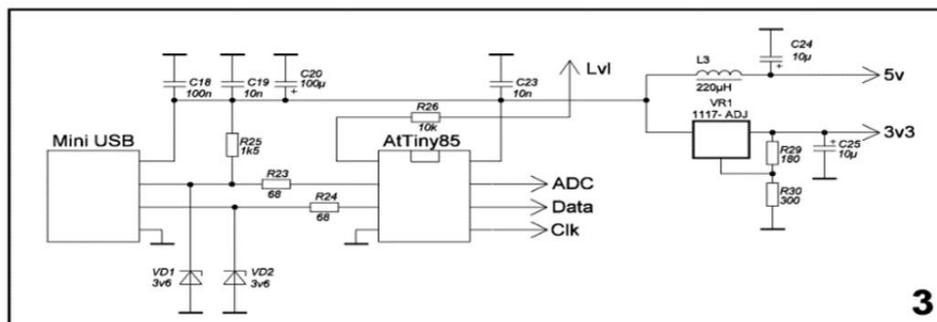
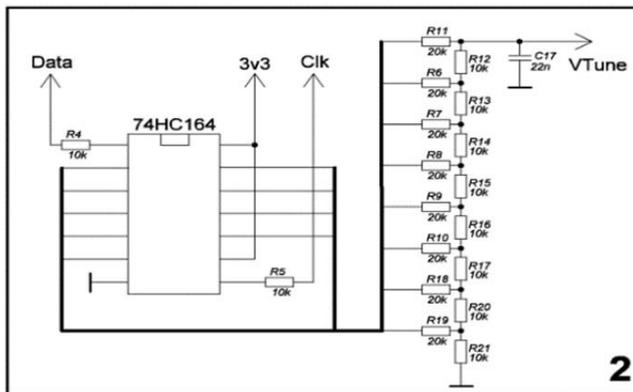
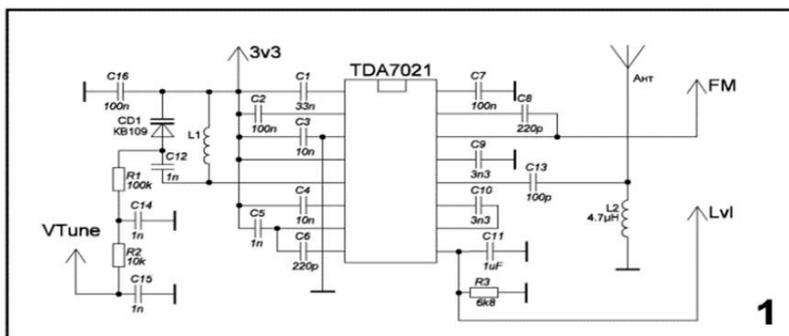


Рисунок 1 – Структурная схема разработанного приемного устройства

- Устройство (рис. 1) структурно можно разделить на четыре основных блока:
1. Непосредственно приемник, функционирующий на базе микросхемы TDA7021.
  2. Цифроаналоговый преобразователь, состоящий из сдвигового регистра и резисторов R11-R21.

3. Модуль связи с персональным компьютером, основанный на плате Digispark.
4. Усилитель, предназначенный для наушников (для прослушивания обнаруженных несущих сигналов) и усилитель с детектором для считывания уровней модуляции этих сигналов.

Микроконтроллер ATtiny85 не только отслеживает наличие и глубину модуляции, но также может изменять настройки гетеродина приемника, что позволяет осуществлять сканирование. На рисунке 2 представлен внешний вид сканирующего приемника, а на рисунке 3 – процесс работы с программно-аппаратным макетом.



Рисунок 2 – Внешний вид сканирующего приемника, подключенного к ПК



Рисунок 3 – Процесс обнаружения оператором несанкционированных радиоизлучений

Программное обеспечение состоит из двух компонентов: одной программы для микроконтроллера ATtiny85, написанной в среде ARDUINO IDE версии 1.8.2, и другой программы для персонального компьютера, разработанной с использованием Delphi 7. Программа для микроконтроллера управляет гетеродином приемника,

осуществляет передачу оцифрованного сигнала от цифроаналоговых преобразователей, а также производит считывание и усреднение данных с двух АЦП по 10 измерениям. В зависимости от команд, поступающих с ПК, она выполняет настройку ЦАП на заданную частоту, осуществляет сканирование и передает полученные данные на ПК. Сканирование подразумевает снятие значений с двух АЦП (первый – для девиации частоты, второй – для уровня несущего сигнала) с частотой, установленной в ЦАП. После получения уровней с АЦП производятся усреднение измеренных данных и их отправка на СОМ-порт ПК. Программа для персонального компьютера, помимо стандартных компонентов, использует библиотеку VComPort, которая обеспечивает работу с СОМ-портом. Интерфейс данной программы показан на рисунке 4.



Рисунок 4 – Интерфейс программы для автоматизированного сканирования FM-диапазона

Таким образом, производится сканирование СОМ-портов и осуществляется подключение к приемнику. Затем передаются значения для настройки ЦАП (в диапазоне от 5 до 255), и по окончании установленного временного интервала сканирования запрашиваются данные с двух АЦП. Эти данные впоследствии используются для построения графиков. Также предусмотрена функция настройки приемника на нужную частоту через клик по созданному графику. На рисунке 4 график №2 демонстрирует спектр с излучениями радиовещательных станций, а график №1 показывает ту же частотную область с активированным макетом закладного устройства. Выявление закладного устройства осуществляется по появлению пика на спектрограмме. Справа отображаются значения, использованные для построения графиков, которые можно применять для дальнейшей интеллектуальной обработки и калибровки.

После завершения сборки и настройки модуля радиоразведки были проведены тестовые эксперименты. Получены графики для принимаемых частот в диапазоне FM, затем в работу были включены радиомикрофоны, находящиеся в лаборатории кафедры радиофизики и инфокоммуникационных технологий Донецкого государственного университета, которые работают в том же диапазоне частот. Демодулированный сигнал четко слышен в наушниках.

## Заключение

Представленные рекомендации было принято использовать для горизонтального масштабирования радиосистемы на базе приёмного оборудования SDR, что позволило несколько расширить одну из базовых характеристик приёмника, а именно ширину панорамного обзора, которая по умолчанию составляет порядка 2 МГц. Удвоение ширины панорамного обзора позволяет повысить текущую осведомлённость об окружающей картине радиомониторинга.

Метод, используемый для реализации горизонтального масштабирования компонентов систем автоматизированного радиомониторинга, позволяет значительно улучшить качественные характеристики радиосистемы без значительных финансовых затрат, а также расширить спектр задач, которые возможно решать с ее помощью. Несмотря на существующие сложности, связанные с необходимостью многоступенчатой синхронизации элементов системы, ограниченными возможностями увеличения числа компонентов и усложнением обработки данных, предложенный метод оказывается наиболее подходящим и не требует крупных капитальных вложений.

Был разработан программно-аппаратный модуль для обнаружения несанкционированного электромагнитного излучения в диапазоне 85-115 МГц, усовершенствована принципиальная электрическая схема, написаны программы для прошивки микроконтроллера ATtiny85 на языке C и интеграции модуля с персональным компьютером на языке Pascal. Также были проведены тестовые испытания и калибровка разработанного программно-аппаратного модуля на прототипах радиомикрофонов, а также сравнительный анализ полученных результатов в ходе работы нового модуля с данными, полученными с помощью программно-аппаратного модуля SDR Sharp.

## Список литературы

1. Проблемы защиты объектов вычислительной техники от утечки информации по каналам побочных электромагнитных излучений и наводок в современных условиях / Е. М. Панченко, В. В. Каверин, В. А. Бабанских, Д. В. Суздаев. *Известия ТРТУ*. 2003. № 4(33). С. 112-113. EDN KVHQQXN.
2. Хорев, А. А. Оценка возможности обнаружения побочных электромагнитных излучений видеосистемы компьютер / А. А. Хорев. *Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники*. 2014. № 2(32). С. 207-213. EDN SEBGWX.
3. Шпилевой, А. А. О возможности аналитического обнаружения сигнала ПЭМИН в видеоинтерфейсах стандарта HDMI / А. А. Шпилевой, А. А. Персичкин. *Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Физ.-мат. и техн. науки*. 2022. № 1. С. 34-39. EDN AWTJYC.
4. Паршуткин, А. В. Повышение защищенности информации от утечки через побочные электромагнитные излучения / А. В. Паршуткин, М. Р. Неаскина. *Вопросы кибербезопасности*. 2022. № 3(49). С. 82-89. DOI 10.21681/2311-3456-2022-3-82-89. EDN ARQCJO.
5. Язов, Ю. К. Пути построения многоагентной системы защиты информации от утечки по техническим каналам / Ю. К. Язов, А. О. Авсентьев. *Вопросы кибербезопасности*. 2022. № 5(51). С. 2-13. DOI 10.21681/2311-3456-2022-5-2-13. EDN DGYOEF.
6. Третьяков, И. А. Проблемы информационной безопасности электромагнитных излучений и наводок в средствах вычислительной техники / И. А. Третьяков, Я. И. Рушечников. *Информационные системы и технологии : материалы международного научного конгресса по информатике*. В 3 ч. (Минск, 27–28 октября 2022 г.). Ч. 1. Минск: БГУ, 2022. С. 108-112. EDN GTKGIM.
7. Foziljonov, Kh. Active methods and means of information protection against leakage through channels of side electromagnetic radiation and interference / Kh. Foziljonov, I. Faziljanov. *Science and innovation*. 2023. V. 2(A4). P. 46-52. DOI 10.5281/zenodo.7818479.
8. Булгаков, О. М. Демонстрация утечки информации посредством побочных электромагнитных излучений и ее перехвата при обучении специалистов в области информационной безопасности / О. М. Булгаков, Е. В. Петрова. *Вестник Краснодарского университета МВД России*. 2024. № 3(65). С. 110-114. EDN QHMХЕС.
9. Методика оценки побочных электромагнитных излучений посредством алгоритмической обработки массива экспериментальных спектрограмм / Я. И. Рушечников, В. В. Данилов, И. А. Третьяков, Д. Р. Зеленченко. *Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки*. 2024. № 3. С. 126-134. DOI 10.5281/zenodo.14018656. EDN DLEMAM.
10. Ашихмин, А. В. Автоматизированная система радиомониторинга / А. В. Ашихмин, В. А. Козьмин, А. М. Рембовский. *Спецтехника и связь*. 2012. № 1. С. 43-50. EDN OXUPNJ.

11. Соловьев, А. М. О результатах разработки автоматизированной системы научных исследований средств мониторинга радиоэлектронной обстановки в АСУТП / А. М. Соловьев, А. А. Головин, Р. К. Кинденев. *Технические науки - от теории к практике*. 2015. № 53. С. 80-88. EDN VDWRPV.
12. Третьяков, И. А. Применение оптических методов обработки информации в АСНИ радиосигналов / И. А. Третьяков, В. В. Данилов, В. А. Ступак. *Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки*. 2024. № 1. С. 42-49. DOI 10.5281/zenodo.10974622. EDN LSKSPA.
13. Рембовский, А. М. *Радиомониторинг - задачи, методы, средства* / А. М. Рембовский, А. В. Ашихмин, В. А. Козмин. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Горячая линия - Телеком, 2010. 624 с.
14. Мухин, И. Е. *Методологические основы синтеза технических средств обеспечения автоматизированного радиомониторинга современных систем телекоммуникаций* : монография / И. Е. Мухин ; И. Е. Мухин. Курск: Юго-Западный гос. ун-т, 2010. 282 с. ISBN 978-5-7681-0571-6. EDN QMUUTH.
15. Компонентный состав системы радиомониторинга / А. М. Соловьев, М. А. Асещкий, Р. К. Кинденев, Е. Н. Кухаренко. *Символ науки: международный научный журнал*. 2017. Т. 2, № 4. С. 91-96. EDN YNEJNV.
16. Бабичева, М. В. Применение методов машинного обучения для автоматизированного обнаружения сетевых вторжений / М. В. Бабичева, И. А. Третьяков. *Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки*. 2023. Т. 50, № 1. С. 53-61. DOI 10.21822/2073-6185-2023-50-1-53-61. EDN MGBAGF.
17. Рушечников, Я. И. Алгоритм автоматизированного определения типа модуляции на основе свёрточной нейронной сети / Я. И. Рушечников, В. В. Данилов. *Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки*. 2021. № 3. С. 34-42. EDN ZAUUPL.

## References

1. Problemy zashchity obiektov vychislitelnoi tekhniki ot utechki informatsii po kanalam pobochnykh elektromagnitnykh izlucheni i navodok v sovremennykh usloviakh / E. M. Panchenko, V. V. Kaverin, V. A. Babanskikh, D. V. Suzdalev // *Izvestiia TRTU*. – 2003. – № 4(33). – S. 112-113. – EDN KVHQXH.
2. Khorev, A. A. Otsenka vozmozhnosti obnaruzheniia pobochnykh elektromagnitnykh izlucheni videosistemy kompiuter / A. A. Khorev // *Doklady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravleniia i radioelektroniki*. – 2014. – № 2(32). – S. 207-213. – EDN SEBGWX.
3. Shpilevoi, A. A. O vozmozhnosti analiticheskogo obnaruzheniia signala PEMIN v videointerfeisakh standarta HDMI / A. A. Shpilevoi, A. A. Persichkin // *Vestnik Baltiiskogo federalnogo universiteta im. I. Kanta. Seriya: Fiz.-mat. i tekhn. nauki*. – 2022. – № 1. – S. 34-39. – EDN AWTJYC.
4. Parshutkin, A. V. Povyshenie zashchishchennosti informatsii ot utechki cherez pobochnye elektromagnitnye izlucheniia / A. V. Parshutkin, M. R. Neaskina // *Voprosy kiberbezopasnosti*. – 2022. – № 3(49). – S. 82-89. – DOI 10.21681/2311-3456-2022-3-82-89. – EDN ARQCJO.
5. Iazov, Iu. K. Puti postroeniia mnogoagentnoi sistemy zashchity informatsii ot utechki po tekhnicheskim kanalam / Iu. K. Iazov, A. O. Avsentev // *Voprosy kiberbezopasnosti*. – 2022. – № 5(51). – S. 2-13. – DOI 10.21681/2311-3456-2022-5-2-13. – EDN DGYOEF.
6. Tretiakov, I. A. Problemy informatsionnoi bezopasnosti elektromagnitnykh izlucheni i navodok v sredstvakh vychislitelnoi tekhniki / I. A. Tretiakov, Ia. I. Rushechnikov // *Informatsionnye sistemy i tekhnologii : materialy mezhdunarodnogo nauchnogo kongressa po informatike. V 3 ch. (Minsk, 27–28 oktiabria 2022 g.)*. – Ch. 1. – Minsk: BGU, 2022. – S. 108-112. – EDN GTKGIM.
7. Foziljonov, Kh. Active methods and means of information protection against leakage through channels of side electromagnetic radiation and interference / Kh. Foziljonov, I. Faziljanov // *Science and innovation*. – 2023. – V. 2(A4). – P. 46-52. – DOI 10.5281/zenodo.7818479.
8. Bulgakov, O. M. Demonstratsiia utechki informatsii posredstvom pobochnykh elektromagnitnykh izlucheni i ee perekhvata pri obuchenii spetsialistov v oblasti informatsionnoi bezopasnosti / O. M. Bulgakov, E. V. Petrova // *Vestnik Krasnodarskogo universiteta MVD Rossii*. – 2024. – № 3(65). – S. 110-114. – EDN QHMXEC.
9. Metodika otsenki pobochnykh elektromagnitnykh izlucheni posredstvom algoritmicheskoi obrabotki massiva eksperimentalnykh spektrogramm / Ia. I. Rushechnikov, V. V. Danilov, I. A. Tretiakov, D. R. Zelenchenko // *Vestnik Donetskogo natsionalnogo universiteta. Seriya G: Tekhnicheskie nauki*. – 2024. – № 3. – S. 126-134. – DOI 10.5281/zenodo.14018656. – EDN DLEMAM.
10. Ashikhmin, A. V. Avtomatizirovannaia sistema radiomonitoringa / A. V. Ashikhmin, V. A. Kozmin, A. M. Rembovskii // *Spetsstekhnika i sviaz*. – 2012. – № 1. – S. 43-50. – EDN OXUPNJ.
11. Solovev, A. M. O rezultatakh razrabotki avtomatizirovannoi sistemy nauchnykh issledovani sredstv monitoringa radioelektronnoi obstanovki v ASUTP / A. M. Solovev, A. A. Golovin, R. K. Kindenov // *Tekhnicheskie nauki - ot teorii k praktike*. – 2015. – № 53. – S. 80-88. – EDN VDWRPV.
12. Tretiakov, I. A. Primenenie opticheskikh metodov obrabotki informatsii v ASNI radiosignalov / I. A. Tretiakov, V. V. Danilov, V. A. Stupak // *Vestnik Donetskogo natsionalnogo universiteta. Seriya G: Tekhnicheskie nauki*. – 2024. – № 1. – S. 42-49. – DOI 10.5281/zenodo.10974622. – EDN LSKSPA.
13. Rembovskii, A. M. Radiomonitoring - zadachi, metody, sredstva / A. M. Rembovskii, A. V. Ashikhmin, V. A. Kozmin. – Izd. 2-е, pererab. i dop. – М.: Goriachaia liniia - Telekom, 2010. – 624 s.
14. Mukhin, I. E. Metodologicheskie osnovy sinteza tekhnicheskikh sredstv obespecheniia avtomatizirovannogo radiomonitoringa sovremennykh sistem telekommunikatsii : monografiia / I. E. Mukhin ; I. E. Mukhin. – Курск: Iugo-Zapadnyi gos. un-t, 2010. – 282 s. – ISBN 978-5-7681-0571-6. – EDN QMUUTH.

15. Komponentyi sostav sistemy radiomonitoringa / A. M. Solovev, M. A. Asetskii, R. K. Kindenov, E. N. Kukhareno // Simvol nauki: mezhdunarodnyi nauchnyi zhurnal. – 2017. – Т. 2, № 4. – С. 91-96. – EDN YNEJNV.
16. Babicheva, M. V. Primenenie metodov mashinnogo obucheniia dlia avtomatizirovannogo obnaruzheniia setevykh tvorzenii / M. V. Babicheva, I. A. Tretiakov // Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. – 2023. – Т. 50, № 1. – С. 53-61. – DOI 10.21822/2073-6185-2023-50-1-53-61. – EDN MGBAGF.
17. Rushechnikov, Ia. I. Algoritm avtomatizirovannogo opredeleniia tipa moduliatsii na osnove svetochnoi neironnoi seti / Ia. I. Rushechnikov, V. V. Danilov // Vestnik Donetskogo natsionalnogo universiteta. Seriya G: Tekhnicheskie nauki. – 2021. – № 3. – С. 34-42. – EDN ZAUUPL.

## RESUME

*I. A. Tretiakov, M. V. Babicheva, Ia. I. Rushechnikov, V. V. Danilov*

*Elements of automated scientific research systems for radio-electronic environment*

The purpose of this article is to develop elements of an automated electronic environment system, in particular, to develop additional special hardware and software that allows solving the tasks of detection, recognition, storage and visualization, as well as to find certain images of detected signals.

To improve the characteristics of a software-defined radio system, horizontal scaling of its functional components is applied, which in turn should lead to an expansion of high-quality capabilities for solving applied radio monitoring tasks.

A hardware and software module has been developed to detect unauthorized electromagnetic radiation in the 85-115 MHz range, an electrical circuit has been finalized, programs have been written for firmware of the ATtiny85 microcontroller in the algorithmic C language and for docking the module with a personal computer in Pascal, test tests and calibration of the developed hardware and software module have been carried out on radio microphone layouts, a comparative analysis of the results has been carried out, obtained using the developed module with the results obtained, using the SDR Sharp hardware and software module.

The approach of implementing horizontal scaling of components of automated radio monitoring systems makes it possible to improve the quality characteristics of the radio system without high costs, as well as expand the list of tasks solved with its help. Despite the problems associated with the need for multi-stage synchronization of parts of systems and the inability to indefinitely increase the number of components, as well as sophisticated software data processing, the proposed method is the most applicable and does not require large capital investments.

## РЕЗЮМЕ

*И. А. Третьяков, М. В. Бабичева, Я. И. Рушечников, В. В. Данилов*

*Элементы автоматизированных систем научных исследований радиоэлектронной обстановки*

Цель данной статьи состоит в разработке элементов автоматизированной системы радиоэлектронной обстановки, в частности в разработке дополнительного специального аппаратного и программного обеспечения, позволяющего решать задачи обнаружения, распознавания, хранения и визуализации, а также находить определённые образы у обнаруженных сигналов.

Для улучшения характеристик программно-определяемой радиосистемы применяется горизонтальное масштабирование её функциональных компонентов, что в свою очередь должно привести к расширению качественных возможностей по решению прикладных задач радиомониторинга.

Разработан программно-аппаратный модуль для обнаружения несанкционированного электромагнитного излучения в диапазоне 85-115 МГц, доработана принципиальная электрическая схема, написаны программы для прошивки микроконтроллера ATtiny85 на алгоритмическом языке С и состыковки модуля с персональным компьютером на языке Pascal, проведены тестовые испытания и калибровка разработанного программно-аппаратного модуля на макетах радиомикрофонов, проведен сравнительный анализ результатов, полученных при помощи разработанного модуля с результатами полученными, при помощи программно-аппаратного модуля SDR Sharp.

Подход реализации горизонтального масштабирования компонент систем автоматизированного радиомониторинга позволяет без высоких затрат повысить качественные характеристики радиосистемы, а также расширить список решаемых с её помощью задач. Несмотря на проблемы, связанные с необходимостью многоступенчатой синхронизации частей систем и невозможностью до бесконечности наращивать количество компонент, а также усложнённую программную обработку данных, предложенный способ является наиболее применимым, и не требующим больших капитальных вложений.

**Третьяков И. А.** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры радиоп физики и инфокоммуникационных технологий ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», 283001, г. Донецк, ул. Университетская, 24, i.tretiakov@mail.ru.

*Область научных интересов:* автоматизация научных исследований и автоматизированные системы; оптические информационные технологии; методы и системы защиты информации, информационная безопасность.

**Бабичева М. В.** – кандидат технических наук, доцент кафедры радиоп физики и инфокоммуникационных технологий ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», 283001, г. Донецк, ул. Университетская, 24, m.babicheva60@mail.ru.

*Область научных интересов:* информационная безопасность, пентестинг, нейронные сети.

**Рушечников Я. И.** – старший преподаватель кафедры радиоп физики и инфокоммуникационных технологий ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», 283001, г. Донецк, ул. Университетская, 24, ya.rushechnikov@donnu.ru.

*Область научных интересов:* автоматизированные системы радиомониторинга, нейронные сети, методы и системы защиты информации, информационная безопасность.

**Данилов В. В.** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой радиоп физики и инфокоммуникационных технологий ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», 283001, г. Донецк, ул. Университетская, 24, ut5iv@mail.ru.

*Область научных интересов:* оптические информационные технологии; автоматизация научных исследований и автоматизированные системы; информационно-измерительные системы.

Статья поступила в редакцию 12.06.2025.