

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ



Х ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ, МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ,
ПОСВЯЩЕННАЯ «ДНЮ РАДИО И СВЯЗИ»
И 80-ЛЕТИЮ ПОБЕДЫ В ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЕ

Сборник трудов
(Тамбов, 7 мая 2025 г.)

Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2025

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Тамбовский государственный технический университет»
ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ, ПРИБОРОСТРОЕНИЯ И
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

**X ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ, МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ,
ПОСВЯЩЕННАЯ «ДНЮ РАДИО И СВЯЗИ»
И 80-ЛЕТИЮ ПОБЕДЫ В ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЕ**

**Сборник трудов
(Тамбов, 7 мая 2025 г.)**

Научное электронное издание



Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2025

УДК 621.396.6
ББК з844-02
Р15

Редакционная коллегия:
Д. Ю. Муромцев – ответственный редактор,
О. А. Белоусов – зам. ответственного редактора,
С. П. Москвитин, А. П. Пудовкин, С. В. Фролов, Н. Г. Чернышов

- Р15 Радиоэлектроника.** Проблемы и перспективы развития [Электронный ресурс] : сборник трудов X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной «Дню радио и связи» и 80-летию победы в Великой Отечественной войне / под ред. Д. Ю. Муромцева и др. ; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2025. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium IV ; RAM 512 Mb ; необходимое место на HDD 10,0 Mb ; Windows 7/8/10/11 ; дисковод CD-ROM ; мышь. – Загл. с экрана.
ISBN 978-5-8265-1556-3 (общ.)
ISBN 978-5-8265-2927-0 (X)

Представлены тезисы докладов и статьи участников X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития», посвященной «Дню радио и связи» и 80-летию победы в Великой Отечественной войне, в которых раскрываются вопросы проектирования радиоэлектронных систем различного назначения на всех стадиях производства, генерации сигналов, приема и передачи различной информации по каналам связи, развития и применения радиоэлектроники в медицине и биомедицинской технике.

Предназначен для студентов, молодых исследователей, а также инженерно-технических работников различных отраслей промышленности.

УДК 621.396.6
ББК з844-02

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

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

ISBN 978-5-8265-1556-3 (общ.) ©Федеральное государственное бюджетное
ISBN 978-5-8265-2927-0 (X) образовательное учреждение высшего образования
«Тамбовский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2025

Секция 1
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ИСТОЧНИКОВ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ (ИБП)
В СОВРЕМЕННОЙ ЦИФРОВОЙ ИНДУСТРИИ

Нго Зуи Хан

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана
(национальный исследовательский университет), Москва, Россия
(e-mail: kxanhbg339@gmail.com)

С развитием цифровых технологий источники бесперебойного питания (ИБП) становятся неотъемлемой частью критически важных инфраструктур, особенно в центрах обработки данных (ЦОД). Бесперебойное и стабильное электропитание играет ключевую роль в обеспечении надежности и отказоустойчивости ЦОД [1], поскольку даже кратковременные перебои могут привести к потере данных, простоему оборудования и серьезным финансовым убыткам. Современные ИБП должны соответствовать высоким требованиям по энергоэффективности, надежности, интеллектуальному управлению и экологичности.

Цель работы: выявить типовые проблемы в работе ИБП, используемых в ЦОД, и предложить современные инженерные подходы к их устранению.

Материалы и методы: проведен структурный анализ авторитетных источников, включая стандарт IEEE Std 446-1995 [2], а также синтез результатов научных и технических публикаций по тематике функционирования и проектирования ИБП [3 – 5] в цифровой индустрии.

Результаты. В работе обобщены типовые эксплуатационные проблемы ИБП, такие как снижение КПД, износ аккумуляторных батарей, задержки при переключении на резервное питание [6], электромагнитные помехи [7], недостаточная надежность и ограниченные возможности мониторинга. Предложены эффективные подходы к их устранению [7], включая применение современных типов батарей, оптимизацию режимов зарядки, внедрение быстродействующих систем управления и интеллектуальных алгоритмов мониторинга на базе «Интернета вещей» и ИИ [8]. Особое внимание уделено требованиям к масштабируемости и экологичности ИБП.

Выводы. Результаты исследования подтверждают, что стратегическое развитие систем ИБП является необходимым условием надежной работы цифровой инфраструктуры. Представленные рекомендации могут служить основой для технического проектирования, оптимизации архитектуры ЦОД и выбора подходящей конфигурации ИБП с учетом конкретных задач. Такой подход способствует снижению эксплуатационных затрат, продлению срока службы оборудования и повышению общей энергетической эффективности центра обработки данных.

Библиографический список

1. Шпанько, Д. Рекомендации о роли ИБП в инфраструктуре информационной безопасности / Д. Шпанько // Информационная безопасность. – 2024. – № 1. – С. 48–49.
2. IEEE. IEEE Std 446-1995. IEEE Recommended Practice for Emergency and Standby Power Systems for Industrial and Commercial Applications // New York : Institute of Electrical and Electronics Engineers. – 1996. – 297 p.
3. Артемьев, Б. В. Источники электропитания в приборостроении : учебное пособие / Б. В. Артемьев, В. Г. Костиков, В. А. Шахнов. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2023. – 430 с. (Библиотека «Приборостроение». Т. 7. С. 31 – 38).
4. Сравнительный анализ видов ИБП, используемых в центрах обработки данных / Б. В. Артемьев, Нго Зуи Хань, Чан Ван Мань и др. // Научно-технический журнал: Технология инженерных и информационных систем. – 2025. – Вып. 1. – С. 39 – 51.
5. Разработка и создание источников бесперебойного питания систем энергообеспечения морского исполнения / В. К. Самсыгин, Д. В. Соколов, Д. И. Улитовский и др. // Труды Крыловского государственного научного центра. – 2019. – Т. 2, № 388. – С. 101 – 111.
6. Вернидуб, А. С. Проблемы и пути обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителей / А. С. Вернидуб, О. А. Стародубцева // Общество с ограниченной ответственностью «Центр развития научного сотрудничества». – 2017. – С. 234 – 240.
7. Электромагнитные помехи в работе радиоэлектронных устройств / Б. В. Артемьев, Нго Зуи Хань, Чан Ван Мань и др. // Ремонт, восстановление и модернизация. – 2024. – № 12. – С. 24 – 31.
8. Барсков, А. Тенденция бесперебойного питания / А. Барсков // Журнал сетевых решений/LAN. – 2013. – № 2. – С. 18 – 25.

АЛГОРИТМ ДАЛЬНОМЕРНОГО КАНАЛА С АДАПТИВНОЙ ФИЛЬТРАЦИЕЙ

И. Д. Рябов, Д. Р. Антоничев, Ю. Н. Панасюк

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: neitherhow@gmail.com; 20theilyarid01@gmail.com)

При разработке алгоритма дальномерного канала с адаптивной фильтрацией используется трехмерная модель [1 – 3]:

$$\left. \begin{aligned} D(k) &= D(k-1) + V(k-1)T + 0,5a(k-1)T^2; \\ V(k) &= V(k-1) + a(k-1)T; \\ a(k) &= (1 - \alpha_{\phi}T)a(k-1) + \xi_a(k-1), \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где D , V , a – дальность, скорость, ускорение воздушных судов (ВС) по линии визирования относительно РЛС; α_ϕ – постоянная времени маневра; $\xi_a(k-1)$ – гауссовский шум.

В алгоритме дальномерного канала с адаптивной фильтрацией целесообразно использовать оценку ковариационной матрицы невязок $R_o(k)$ и ковариационной матрицы вектора состояния $P_{\Sigma o}(k)$. Используя модель состояния и наблюдения (1) и обобщенный алгоритм калмановской фильтрации [1, 2, 4], получен алгоритм фильтрации дальномерного канала по оценке фазовых координат ВС:

$$\left. \begin{aligned} D_o(k) &= D_\Sigma(k) + K_{\phi 11}(k)\Delta D; \quad V_o(k) = V_\Sigma(k) + K_{\phi 21}(k)\Delta D(k); \\ a_o(k) &= a_\Sigma(k) + K_{\phi 31}(k)\Delta D; \quad \Delta D(k) = D_{\text{и}}(k) - D_\Sigma(k); \\ D_\Sigma(k) &= D_o(k-1) + V_o(k)T + a_o(k)T^2/2; \\ V_\Sigma(k) &= V_o(k-1) + a_o(k-1)\tau; \quad a_\Sigma(k) = (1 - \alpha_\phi T)a_o(k-1); \\ R_o(k) &= \frac{1}{N} \sum_{i=i_0}^k \Delta D(k)\Delta D^T(k) - HP_\Sigma(k)H^T; \\ P_{\Sigma o}(k) &= \lambda(k)\Phi(k)P_o(k-1)\Phi^T(k) + Q_x(k); \\ \lambda(k) &= \max \left\{ 1, \frac{\text{tr}[C_o(k) - R_o(k) - HQ_x(k)(k)H^T]}{\text{tr}[H\Phi P_o(k)\Phi^T H]} \right\}; \\ C_o(k) &= \frac{\lambda(k-1)\Delta z(k-1)\Delta z^T(k-1)}{1 + \lambda(k-1)}; \\ K_\phi(k) &= P_{\Sigma o}(k)H^T \{HP_{\Sigma o}(k) \cdot H^T(k) + R_o(k)\}^{-1}; \\ P_o(k) &= P_{\Sigma o}(k) - K_\phi(k) \cdot HP_{\Sigma o}(k). \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

В дальнейшем проводилось имитационное моделирование алгоритма (2) для маневра ВС «большая коробочка». Результаты моделирования представлены на рис. 1, где показаны изменения зависимости средней квадратичной погрешности (СКП) дальности от времени: 1 – в дальномерном канале использовался алгоритм без адаптации фильтра; 2 – в дальномерном канале использовался алгоритм с адаптацией фильтра.

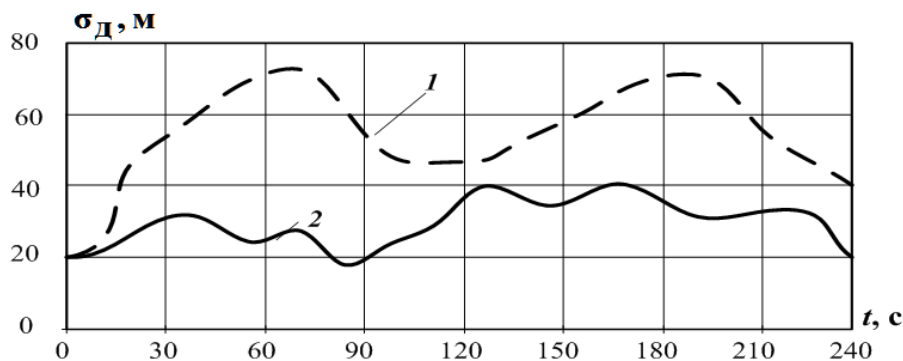


Рис. 1. Зависимость средней квадратичной погрешности дальности от времени

Таким образом, использование алгоритма дальномерного канала с адаптивной фильтрацией позволяет повысить точность дальности в 1,4 раза, по сравнению с алгоритмом дальномерного канала без адаптации.

Библиографический список

1. Панасюк, Ю. Н. Обработка радиолокационной информации в радиотехнических системах : учебное пособие / Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2016. – 84 с.
2. Пудовкин, А. П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.
3. Synthesis of Algorithm for Range Measurement Equipment to Track Maneuvering Aircraft Using Data on Its Dynamic and Kinematic Parameters / A. P. Pudovkin, Yu. N. Panasyuk, S. N. Danilov, S. P. Moskvitin // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – V. 1015, Is. 3, article id. 032111.
4. Indication of Relative Motion Intensity of Aerodynamic Object and Meters with Different Physical Nature / S. N. Danilov, S. P. Moskvitin, Yu. N. Panasyuk, et al. // Paper Presented at the Journal of Physics: Conference Series. – 2021.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ АЛГОРИТМА АДАПТИВНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ НА ТОЧНОСТЬ УГЛОМЕРНОГО КАНАЛА

Д. Р. Антоничев, И. Д. Рябов, Ю. Н. Панасюк

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: neitherhow@gmail.com; 20theilyarid01@gmail.com)

Для исследования влияния параметров адаптивной фильтрации на точность угломерного канала используются двумерная и трехмерная модели состояния ВС [1, 2]. Модель состояния и наблюдения угловых координат (азимута) имеет вид

$$x_{k+1} = F_k x_k + G_k w_k, \quad (1)$$

$$z_k = H_k x_k + v_k, \quad (2)$$

где x_k – вектор состояния (угловые координаты и их производные); F_k – матрица перехода состояния; G_k – матрица управления шумом, w_k – процессный шум с ковариационной матрицей Q_k ; z_k – вектор измерений угловых координат; H_k – матрица наблюдения; v_k – шум измерений с ковариационной матрицей R_k .

Для адаптивной фильтрации используется алгоритм оценки, основанный на совместной обработке двух моделей состояния с различными параметрами

$$\hat{x}_k = \alpha \hat{x}_{1,k} + (1 - \alpha) \hat{x}_{2,k}, \quad (3)$$

где $\hat{x}_{1,k}$ и $\hat{x}_{2,k}$ – оценки состояния от двух фильтров; α – весовой коэффициент, определяющий вклад каждой модели.

Алгоритм адаптивной фильтрации угломерного канала с учетом случайной структуры системы [3]:

1. Прогноз состояния:

$$\hat{x}_{k|k-1} = F_k \hat{x}_{k-1|k-1}; \quad P_{k|k-1} = F_k P_{k-1|k-1} F_k^T + Q_k, \quad (4)$$

где P_k – ковариационная матрица ошибки прогноза.

2. Обновление оценки:

$$K_k = P_{k|k-1} H_k^T (H_k P_{k|k-1} H_k^T + R_k)^{-1};$$

$$\hat{x}_{k|k-1} = \hat{x}_{k-1|k-1} + K_k (z_k - H_k \hat{x}_{k|k-1}); \quad P_{k|k-1} = (I - K_k H_k) P_{k|k-1}, \quad (5)$$

где Q_k – коэффициент усиления Калмана; P_k – ковариационная матрица ошибки оценки.

Для оценки влияния параметров алгоритма на точность угломерного канала было проведено имитационное моделирование.

Рассматривался сценарий сопровождения ВС, выполняющего маневр типа «большая коробочка». В ходе моделирования варьировались следующие параметры:

- весовой коэффициент α в диапазоне от 0 до 1;
- дисперсия процессного шума σ_w^2 в матрице Q_k .
- дисперсия шума измерений σ_v^2 в матрице R_k .

Результаты моделирования представлены на рис. 1, где показана зависимость СКО оценки азимута от времени для различных конфигураций алгоритма: 1 – фильтр с двумерной моделью; 2 – фильтр с трехмерной моделью; 3 – адаптивный фильтр с совместной обработкой двух моделей.

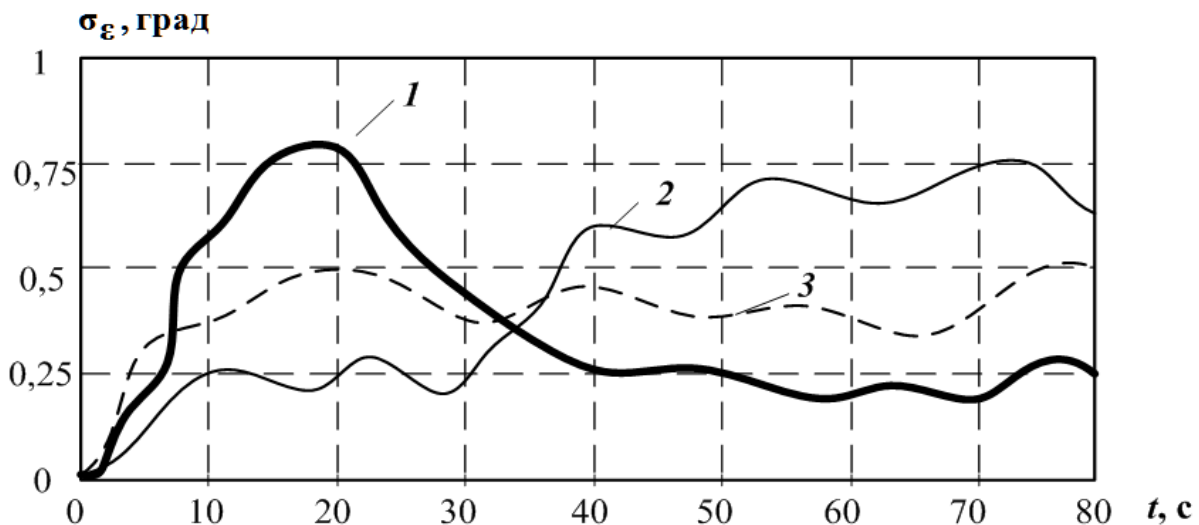


Рис. 1. Зависимости СКО азимута от времени

Анализ результатов показал, что адаптивный алгоритм (кривая 3) обеспечивает меньшее СКО по сравнению с одиночными фильтрами, особенно в моменты маневров ВС. Оптимальное значение α составило 0,6, что соответствует сбалансированному вкладу двух моделей. Увеличение σ_{ω}^2 улучшало устойчивость фильтра к маневрам, но ухудшало точность на прямолинейных участках траектории. Уменьшение σ_v^2 повышало точность, но требовало более точных измерений.

Библиографический список

1. Synthesis of Algorithm for Range Measurement Equipment to Track Maneuvering Aircraft Using Data on Its Dynamic and Kinematic Parameters / A. P. Pudovkin, Yu. N. Panasyuk, S. N. Danilov, S. P. Moskvitin // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – V. 1015, Is. 3, article id. 032111.
2. Synthesis of Channel Tracking for Random Process Parameters under Discontinuous Variation / A. P. Pudovkin, Yu. N. Panasyuk, S. N. Danilov, S. P. Moskvitin // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112.
3. Данилов, С. Н. Алгоритм функционирования системы угловой коррекции наземной подвижной антенны, синтезированный на основе систем со случайным изменением структуры / С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 55 – 59.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ СРЕДЫ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

А. В. Архипова, К. С. Колодин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: kurenko.ant@yandex.ru)

Параметры среды (проводимость, диэлектрическая и магнитная проницаемости) влияют на изменение напряженности электромагнитных волн (ЭМВ) в свободном пространстве в зависимости от расстояния прохождения ЭМВ [1, 2]. Это связано с зависимостью коэффициента ЭМВ от проводимости, диэлектрической и магнитной проницаемостей среды. Коэффициент затухания ЭМВ имеет место следующие выражение [3 – 5]

$$\alpha = \omega \sqrt{\frac{\mu_a \varepsilon_a}{2} \left[\sqrt{1 + \left(\frac{\gamma}{\omega \varepsilon_a} \right)^2} - 1 \right]}, \quad (1)$$

где γ , ε_a , μ_a , – проводимость, абсолютные диэлектрическая и а магнитная проницаемости среды; ω – частота ЭМВ.

Напряженность электрического поля ЭМВ изменяется по закону

$$E_m = E_{m0} e^{-\alpha z}, \quad (2)$$

где z – расстояние, которое проходит ЭМВ.

Зависимости напряженности электрического поля E_m от расстояния прохождения ЭМВ при различных проводимостях среды γ_1 и γ_2 показаны на рис. 1.

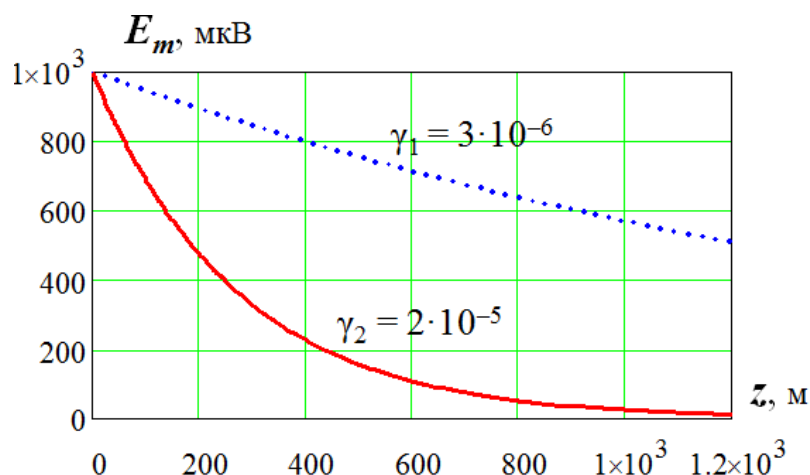


Рис. 1. Зависимости напряженности электрического поля от расстояния прохождения ЭМВ при различных проводимостях среды

На рисунке 2 показаны зависимости напряженности электрического поля E_m от расстояния прохождения ЭМВ при различных относительных диэлектрических проницаемостях среды ϵ_1 и ϵ_2 .

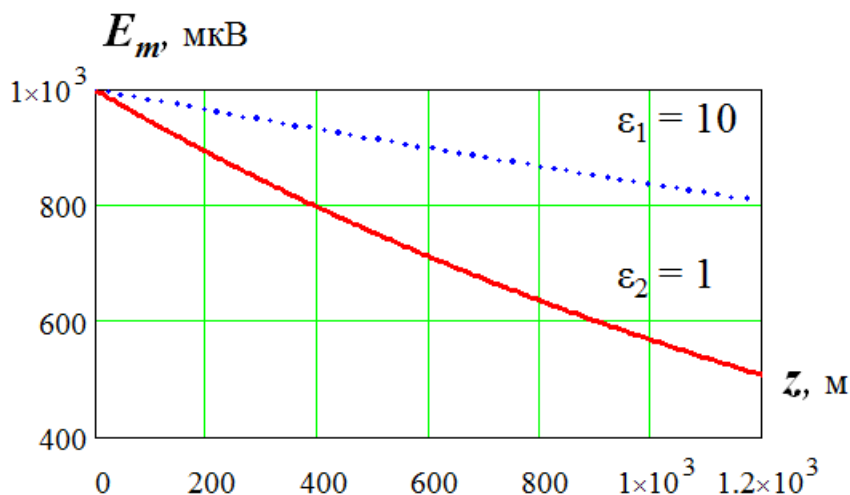


Рис. 1. Зависимости напряженности электрического поля от расстояния прохождения ЭМВ при диэлектрических проницаемостях среды

Таким образом, результаты моделирования показывают, что при увеличении проводимости и уменьшении диэлектрической среды, напряженность электрического поля уменьшается в зависимости от расстояния прохождения ЭМВ. Это связано с увеличением затухания ЭМВ, которое зависит от параметров среды.

Библиографический список

1. Пудовкин, А. П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.
2. Synthesis of Algorithm for Range Measurement Equipment to Track Maneuvering Aircraft Using Data on Its Dynamic and Kinematic Parameters / A. P. Pudovkin, Yu. N. Panasyuk, S. N. Danilov, S. P. Moskvitin // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – V. 1015, Is. 3, article id. 032111.
3. Пудовкин, А. П. Распространение радиоволн [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 180 с.
4. Панасюк, Ю. Н. Электромагнитные поля : учебное пособие / Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. – 96 с.
5. Пудовкин, А. П. Основы теории антенн: учебное пособие / А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк, А. А. Иванков. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 92 с.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ СЛОЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Е. А. Белан, И. С. Федосеенко, Н. А. Гущин, Н. А. Кольтюков

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: resbn@mail.ru)

В настоящее время на мировом рынке появляются серийно выпускаемые электрические автомобили, а также автомобили с гибридной установкой, в которых применены различные виды электрических и гибридных двигателей соответственно. Суть всех этих разновидностей по большому счету сводится к тому, чтобы уменьшить количество потребляемого топлива и свести к минимуму количество вредных выхлопных газов, поступающих в атмосферу.

Задача моделирования и энергосберегающего управления автомобилями является актуальной и декомпозируется на несколько узких задач, необходимых для ее решения.

В современной теории оптимального управления актуальной задачей является использование и развитие нового математического аппарата, позволяющего значительно сократить размерность задачи и синтезировать оптимальное управляющее воздействие в реальном времени.

В данной работе на основании анализа и синтеза оптимального управления был синтезирован структура устройства управления электродвигателем.

В данной работе синтезируется алгоритм управления, который реализуется с помощью различных исполнительных органов и воздействует непосредственно на объект управления. Результаты этого воздействия сравниваются с прогнозируемыми на основе механизма обратной связи. При несоответствии

результатов на базе повторной экспертной оценки принимается решение, вырабатывается и реализуется управление, устраняющее это несоответствие. Если соответствие недостижимо, то уточняется целевая функция. Данная структура инвариантна к объекту управления и носит универсальный характер.

На основе проведенного анализа известных схемных решений была синтезирована структура устройства управления электроприводом. Данная структура показана на рис. 1.



Рис. 1. Структура устройства управления электроприводом

Датчики в данной структуре включают в себя: датчик положения педали газа, датчик положения педали тормоза, датчик скорости, ABS. К устройствам управления относятся: переключатель скоростей, педаль газа и тормоза. За устройство питания принимается аккумулятор, либо генератор.

Таким образом, полученная структура является оптимальной для энергосберегающего управления.

Библиографический список

1. Кольтюков, Н. А. Оптимальное энергосберегающее управление смесительными машинами предприятий по производству и переработке полимерных материалов : дис. ... канд. техн. наук / Н. А. Кольтюков. – Тамбов, 2002. – 174 с.
2. Белоусов, О. А. Энергосберегающее управление группой мощных аппаратов с электронагревом / О. А. Белоусов // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2015. – № 5(65). – С. 27 – 29.
3. Данилов, С. Н. Алгоритм сопровождения с реконfigurацией модели / С. Н. Данилов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 3 – С. 418 – 423.
4. Данилов, С. Н. Мультиmodelьный алгоритм сопровождения со сниженными вычислительными затратами / С. Н. Данилов // Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах : тез. докл. 2 Междунар. конф. с элементами научной школы. Тамбов, 22 – 24 апреля. – 2015. – С. 304–305.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ НЕРАЗРУШАЮЩИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

О. О. Богданов, А. П. Пудовкин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: bogdaniov5@gmail.com)

Широкое распространение получил рентгенографический метод неразрушающего контроля, который включает использование рентгеновских или гамма-лучей для просмотра внутренней структуры объекта. По сравнению с другими методами контроля, рентгенография имеет несколько преимуществ – не требует специальной подготовки поверхности, имеет высокую повторяемость результатов, может использоваться на различных материалах, а собранные данные могут быть сохранены для последующего анализа. Однако использование опасного для здоровья человека излучения ограничивает сферу применения только в специализированных помещениях. Не менее широкое применение нашел ультразвуковой метод контроля. При использовании многоэлементных решеток можно получить 2D- или 3D-изображение внутренней структуры объекта контроля. Однако при использовании ультразвукового метода необходима подготовка поверхности и наличие хорошего акустического контакта. Кроме того, материалы с высоким затуханием упругих волн не поддаются ультразвуковому контролю. Среди других, менее распространенных методов можно отметить магнитный, тепловой и термоэлектрический методы контроля. Из рассмотренных методов только термоэлектрический метод чувствителен к химическому составу объекта контроля.

Недостатки термоэлектрического метода связаны с низкой повторяемостью результатов контроля, что обусловлено изменением температуры горячего электрода и контролируемого изделия в процессе контроля за счет теплообмена, неоднородностью контролируемого образца по химическому и фазовому составу, разной шероховатостью поверхности и т.д. Для уменьшения влияния неоднородности по химическому и фазовому составу на результат контроля применяют электроды не с точечным контактом, а с линейным или плоскостным. При этом следует учитывать тот факт, что в действительности будет иметь место не плоскостной контакт, а многоточечный из-за наличия шероховатости поверхности как электрода, так и контролируемого изделия (рис. 1).

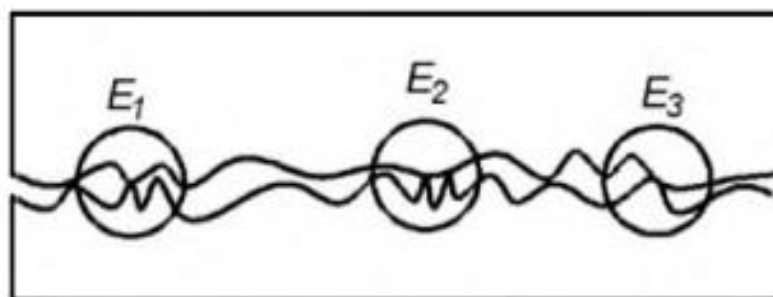


Рис 1. Схема многоточечного контакта

При этом контролируется эквивалентная термоЭДС по поверхности контакта, получаемая в результате параллельного соединения различных термопар, которые могут иметь разные термоэлектрические характеристики: величину ЭДС, внутреннее сопротивление, мощность, а также переходное сопротивление контактов

Библиографический список

1. Пудовкин, А. П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014.
2. Пудовкин, А. П. Метод непрерывного контроля толщины и сплошности соединения слоев биметалла / Д. В. Семененко, А. П. Пудовкин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2009. – Т. 15, № 3. – С. 667 – 671.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ ГИБРИДНЫМИ ТРАНСПОРТНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Н. А. Гущин, Е. А. Белан, И. С. Федосеенко, Н. А. Кольтюков

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: resbn@mail.ru)

Одной из важнейших проблем человечества является экономия энергоресурсов. В связи с ростом цен на электроэнергию и топливо, усилением конкурентной борьбы между фирмами, производящими тепловые аппараты, машины с электроприводами, транспортные средства и другие энергопотребляемые изделия, а также учитывая сложность социально-экономической обстановки, актуальность задач экономии и рационального использования энергоресурсов с каждым годом возрастает. Проблема экономии топливо-энергетических ресурсов занимает важное место в тематике работ научно-исследовательских организаций, проектных и промышленных фирм всех стран мира [1].

В соответствии с ГОСТ Р 513 80–99 (Энергосбережение) в настоящее время сертификации по показателям энергетической эффективности подлежит широкий перечень электрических машин, продукции машиностроительной промышленности, транспортных средств, объектов коммунального хозяйства и др.

Теоретические исследования и практические результаты показывают, что при оптимальном управлении уменьшение затрат энергии (расхода топлива) может достигать от 10 до 40% по сравнению с традиционно используемыми управляющими воздействиями. Кроме того, в динамических режимах, характеризующихся меньшими энергетическими затратами, снижаются механические и тепловые нагрузки, что ведет к повышению долговечности и безопасности эксплуатации объектов.

К наиболее энергоемким объектам относятся тепловые аппараты, машины с электроприводами, т.е. большинство видов технологических установок в машиностроительной, химической, металлургической, строительной и других отраслях промышленности, а также перемещающиеся объекты и транспортные средства [2]. Эффект энергосбережения при использовании оптимального управления достигается за счет следующих факторов:

- оптимальное ведение динамических режимов при всех состояниях функционирования, т.е. в случае изменения модели динамики объекта или условий (исходных данных) задачи управления оперативно (в реальном времени) находится новое решение, и реализуются энергосберегающие управляющие воздействия для существующей ситуации;
- достижение задаваемого конечного значения вектора фазовых координат точно в требуемый момент времени, который, в свою очередь, выбирается оптимальным;
- использование оптимальной стратегии реализации энергосберегающего управления (программной, позиционной или другой) для каждого состояния функционирования;
- создание локальных и бортовых систем энергосберегающего управления на базе простых и дешевых микропроцессорных устройств.

Таким образом можно сделать вывод: что для создания систем энергосберегающего управления требуется решить комплекс теоретических задач, основными из них являются [1]:

- полный анализ задач оптимального управления для типовых моделей динамики энергоемких объектов, различных видов минимизируемых функционалов и стратегий реализации управляющих воздействий, ограничений на управления и фазовые координаты, встречающиеся в реальных условиях;
- анализ энергосберегающего управления машинами и аппаратами на множестве состояний функционирования, когда возможны изменения моделей объектов стратегий и функционалов;
- анализ энергосберегающего управления многомерными объектами;
- идентификация моделей динамических режимов, в том числе нелинейных и с временным запаздыванием по каналу управления, пригодных для использования в системах энергосберегающего управления.

Библиографический список

1. Кольтюков, Н. А. Оптимальное энергосберегающее управление смесительными машинами предприятий по производству и переработке полимерных материалов : дис. ... канд. техн. наук / Н. А. Кольтюков. – Тамбов, 2002. – 174 с.
2. Белоусов, О. А. Энергосберегающее управление группой мощных аппаратов с электронагревом / О. А. Белоусов // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2015. – № 5(65). – С. 27 – 29.
3. Данилов, С. Н. Алгоритм сопровождения с реконfigurацией модели / С. Н. Данилов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 3 – С. 418 – 423.

МИКРОПОЛОСКОВАЯ АНТЕННА PIFA ЦИФРОВОЙ ПОРТАТИВНОЙ РАДИОСТАНЦИИ ДИАПАЗОНА 868 МГц

А. А. Иванков¹, В. В. Тарасов²

¹Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: ivankov.a.a@bk.ru)

²Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина, Тамбов, Россия
(e-mail: 87142@rambler.ru)

Цифровые радиостанции обладают важным технологическим достоинством – компактностью, в связи с чем возникает проблема выбора антенны и ее сопряжение с корпусом радиостанции.

Линейные антенны (ЛА), обладая наилучшими энергетическими характеристиками приема-передачи радиосигнала, имеют и значительные линейные размеры. В то же время разработано много конструкций малогабаритных антенн, например, микрополосковых, в том числе укороченных, керамических и др., но их характеристики, по сравнению с линейными, значительно хуже [1].

Компромиссным решением является планарная инвертированная F-антенна (PIFA) в микрополосковом исполнении. Она обладает лучшими КСВ, полосой пропускания и пространственной избирательностью среди всех малогабаритных антенн [2].

Произведем расчет геометрических параметров PIFA (рис. 1) для цифровой радиостанции диапазона 868 МГц.

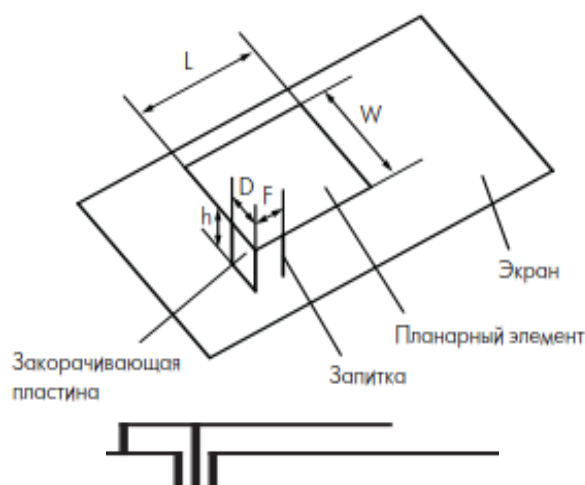


Рис. 1. Геометрические параметры и подключение PIFA

Материал для изготовления – двухсторонний фольгированный стеклотекстолит СФ2 – 35г – 3 мм с относительной диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 5,5$.

Величину W рассчитаем исходя из волнового сопротивления антенны $Z = 50$ Ом по формулам [1]:

$$r = \frac{Z\sqrt{\varepsilon}}{120\pi} = 0,311, \quad W = \frac{1}{r} - \frac{2}{\pi} \left[\ln \left(\frac{\pi}{r} - 2 \ln 2 \right) + 1 \right] h = 3,6 \cdot 10^{-3} = 3,6 \text{ мм},$$

где $h = 3$ мм – толщина стеклотекстолита.

Из условия $0 < D/W < 1$ выберем $D = 3$ мм. Расстояние F от закорачивающей пластины до точки запитки принципиального значения не имеет и для удобства расчетов выбирается равным D , т.е. $F = 3$ мм. Тогда для расчета L воспользуемся формулой [2]

$$\frac{D}{W} \frac{1}{L+h} + \left[1 - \frac{D}{W} \right] \frac{1}{(L+h+W-D)} = \frac{4}{\lambda}.$$

Равенство будет верным при $L = 83$ мм.

График зависимости КСВ от частоты для рассчитанной антенны представлен на рис. 2.

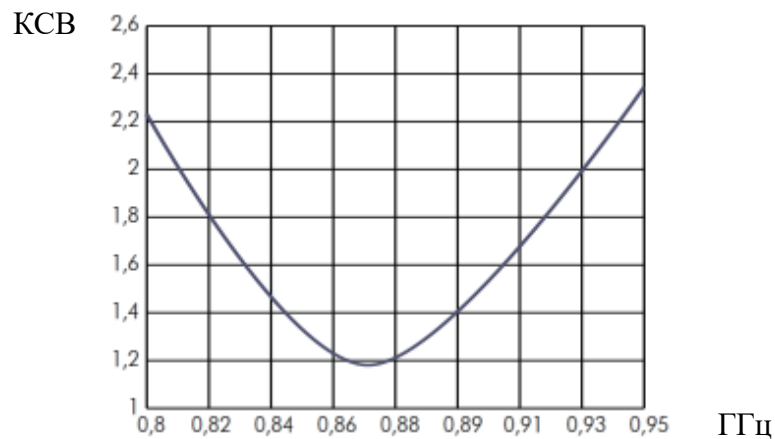


Рис. 2. Зависимость КСВ от частоты рассчитанной РІҒА

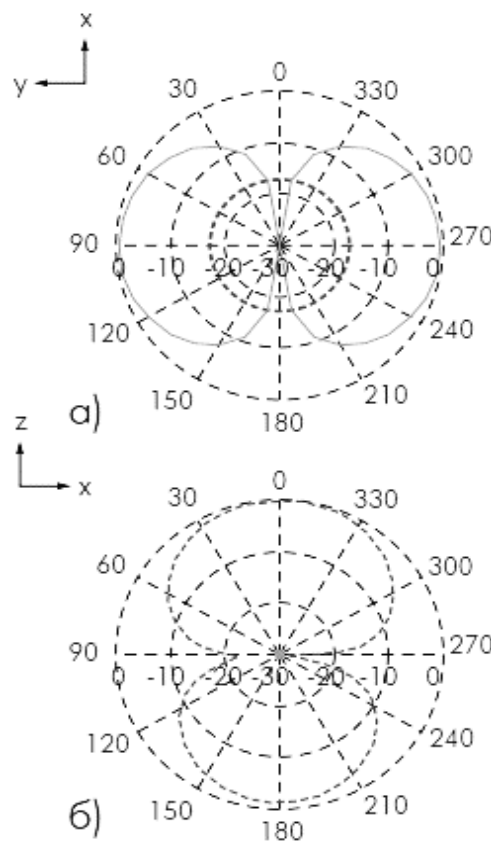


Рис. 3. Диаграммы направленности в горизонтальной (а) и вертикальной (б) плоскостях РІҒА

Из графика видно, что антенна является узкополосной. Ширина полосы пропускания 7...8%, что является ее главным недостатком.

На рисунке 3 представлены графики диаграмм направленности PIFA в главных плоскостях. Они близки к диаграммам направленности ЛА, что является достоинством PIFA [2].

Библиографический список

1. Маркелов, М. К. Методика расчета одиночной микрополосковой антенны / М. К. Маркелов, В. В. Зайцев // Вестник Пензенского государственного университета. – 2023. – № 4. – С. 136 – 142.

2. Minh-Chau T. Huynh. A Number and Experimental Investigation of Planar Inverted-F Antennas for Wireless Communication Application / Minh-Chau T. Huynh // Virginia Polytechnic institute and State Univerity. – 2000. – 123 p.

ИМПУЛЬСНЫЙ ВИХРЕТОКОВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТОЛЩИН ДВУХСЛОЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Ю. Н. Татаринцев

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: yurok20@mail.ru)

Метод относится к неразрушающему контролю и может быть использован для достоверности контроля многослойных материалов, повышающий качество измерений, обеспечивает относительно объемное измерение, преобразованное в усредненное измерение толщины на основе области калибровки.

В работе представлено описание вихретокового метода с импульсным преобразователем для контроля толщин двухслойных материалов. Сущность импульсного вихретокового метода контроля состоит в следующем: постоянный ток в катушке датчика создает магнитное поле, которое проникает в объект контроля и вызывает в нем вихревые токи. Далее происходит анализ скорости затухания токов в объекте контроля после отключения первичного магнитного поля, что позволяет диагностировать наличие дефектов и изменения толщины материала в объекте контроля.

Способ импульсного вихретокового контроля, заключающийся в том, что отображают мгновенные амплитуды выходного импульса проходного дифференциального преобразователя, измеренные в различные моменты времени, на двух взаимно-перпендикулярных осях в виде кривой, выбирают часть кривой, которая формируется на участке между максимумом и минимумом сигнала от дефекта, пример расчета исследуемого дефекта изображен на рис. 1.

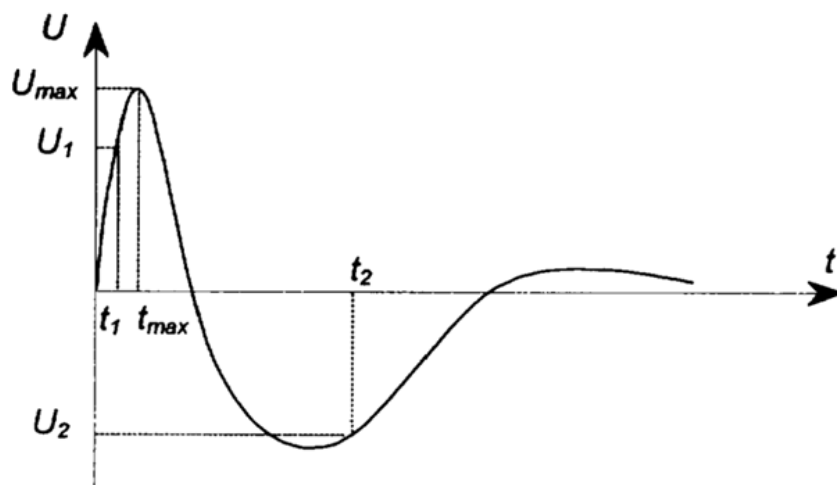


Рис. 1. Полуциклограф строба исследуемого дефекта

Метод относится к неразрушающему контролю и может быть использован для идентификации дефектов в электропроводящих изделиях для быстрого, бесконтактного определения толщины плоских двухслойных материалов, таких как полупроводниковые пластины, металлические фольги или диэлектрические пленки с высокими точностными характеристиками. Данный метод позволяет проводить более точные и детальные измерения параметров проводящих материалов, чем традиционные устройства, работающие на постоянной частоте.

Библиографический список

1. Пудовкин, А. П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014.
2. Пудовкин, А. П. Метод непрерывного контроля толщины и сплошности соединения слоев биметалла / Д. В. Семененко, А. П. Пудовкин / Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2009. – Т. 15, № 3. – С. 667 – 671.

КРАТКИЙ ОБЗОР ПРОЕКТА ПОЛОЖЕНИЯ О ЗОНЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ПЕРЕДАЮЩЕГО РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА, ЯВЛЯЮЩЕГОСЯ ОБЪЕКТОМ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Г. Г. Иванов, В. В. Мануковский, Я. Р. Котенко, П. А. Южаков

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия
(e-mail: ivanov.gg@dvfu.ru; manukovskii.vv@dvfu.ru;
kotenko.yr@dvfu.ru; iuzhakov.pa@dvfu.ru)

Любая нормативно-правовая база должна всегда обновляться, актуализироваться. В данном случае речь про область установления санитарно-защитных зон вокруг передающих радиотехнических объектов (ПРТО) 29.01.2025 г.

на *Федеральном портале проектов нормативных правовых актов* (*regulation.gov.ru*) появился паспорт Проекта постановления Правительства Российской Федерации «Об утверждении Положения о зоне ограничений передающего радиотехнического объекта, являющегося объектом капитального строительства» [1], разработанный Роспотребнадзором и основанный на ст. 106 «Установление, изменение, прекращение существования зон с особыми условиями использования территорий» ЗК РФ [2].

Проект представляет собой четкое определение порядка установления, изменения и прекращения существования зоны ограничений передающего радиотехнического объекта, являющегося объектом капитального строительства, а также особые условия использования земельных участков, расположенных в границах зоны ограничений ПРТО.

В рамках проекта под ПРТО понимаются сооружения связи, являющиеся объектами капитального строительства с размещенными на них приемопередающими (передающими) радиоэлектронными средствами, работающими в диапазоне радиочастот 30 кГц...300 ГГц и с эффективной излучаемой мощностью, превышающей указанные в проекте мощности для определенных частот.

Целью установления зоны ограничения является защита населения путем предотвращения неблагоприятного влияния на здоровье человека электромагнитных полей радиочастотного диапазона, создаваемых ПРТО.

Зону ограничений ПРТО предлагается определять расчетными методами, утвержденными в установленном порядке Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека [3, 4]. Зона ограничений подлежит установлению на территории, прилегающей к ПРТО, на высоте более 2 м от поверхности земли, в пределах которой значения напряженности электрического поля в диапазоне частот 30 кГц...300 МГц, а также значения плотности потока энергии в диапазоне частот 300 МГц...300 ГГц (далее – электромагнитные поля) превышают гигиенические нормативы.

Стоит понимать, что данный проект постановления уточняет и унифицирует процедуру установления зон ограничений, а также вводит единые требования для всех территорий. До этого регулирование осуществлялось на основе санитарных норм и правил, которые также запрещали размещение жилых и общественных зданий в зонах с повышенным уровнем электромагнитного излучения (СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов» [3] и СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи» [4]).

Библиографический список

1. Об утверждении Положения о зоне ограничений передающего радиотехнического объекта, являющегося объектом капитального строительства : проект постановления Правительства РФ.
2. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 20.03.2025) // Собрание законодательства РФ. – 2001. – № 44. – Ст. 4147.

3. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов. – М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2003.

4. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи. – М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2003.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ СТАНЦИИ ПОМЕХ НА ДАЛЬНОСТЬ ПОДАВЛЕНИЯ РЛС

П. А. Каптилов, В. Н. Климов, К. П. Яцков

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: kurenko.ant@yandex.ru)

Для исследования влияния параметров станции помех (СП) на дальность подавления РЛС воспользуемся выражением для случая взаимного расположения РЛС, СП и цели [1 – 4]

$$D_{с.мин} = 4 \sqrt{\frac{P_c G_c \Delta F_{\Pi}}{P_{\Pi} G_{\Pi} \Delta f_{пр}}} D_{\Pi}^2 \frac{k_{\Pi} \sigma_{ц}}{4\pi \gamma_{\Pi} F_{\Pi}^2(\alpha_c; \theta_c) F_c^2(\alpha_{\Pi}; \theta_{\Pi})}, \quad (1)$$

где P_{Π} – мощность передатчика СП; ΔF_{Π} – ширина спектра помехи; G_{Π} – коэффициент усиления антенны СП; G_c – коэффициент усиления антенны РЛС; $\Delta f_{пр}$ – полоса пропускания приемника РЛС; $F_{\Pi}^2(\alpha_c; \theta_c)$ – значение нормированной ДН антенны СП в направлении на РЛС; $F_c^2(\alpha_{\Pi}; \theta_{\Pi})$ – значение нормированной ДН антенны РЛС в направлении на СП; γ_{Π} – коэффициент, учитывающий различие поляризаций антенн РЛС и СП; λ – длина волны РЛС и СП; D_{Π} – расстояние между СП и РЛС; $\sigma_{ц}$ – эффективная площадь отражения цели.

Зависимость дальности подавления РЛС $D_{с.мин}$ для случая прикрываемой цели от дальности помехопостановщика D_{Π} при изменении мощности помехи показана на рис. 1.

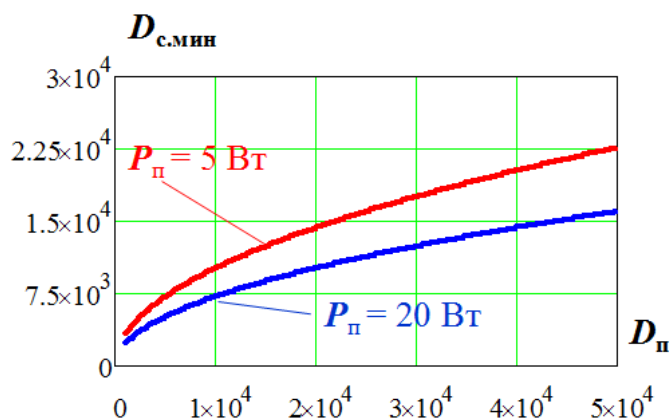


**Рис. 1. Зависимость дальности подавления РЛС
от дальности помехопостановщика при изменении мощности помехи**

На рисунке 2 показана зависимость дальности подавления РЛС $D_{с.мин}$ дальности помехопостановщика $D_{п}$ при изменении ширины спектра помехи $\Delta F_{п}$.

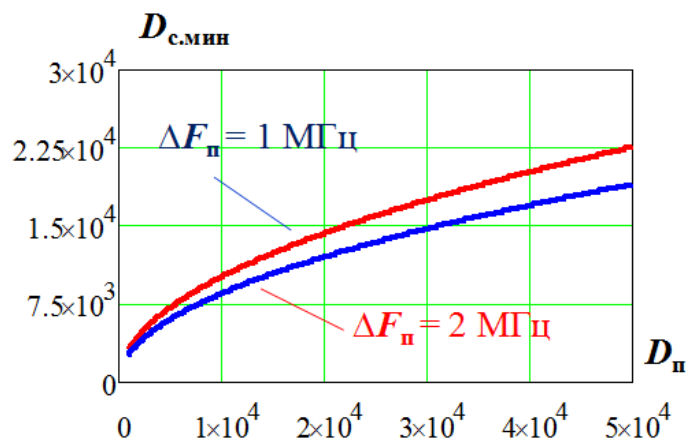


Рис. 2. Зависимость дальности подавления РЛС от дальности помехопостановщика при изменении ширины спектра помехи

Таким образом, для увеличения дальности подавления РЛС необходимо улучшать параметры станции помех.

Библиографический список

1. Пудовкин, А. П. Электромагнитная совместимость и помехозащищенность РЭС [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк, Т. И. Чернышова. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 92 с.
2. Пудовкин, А. П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.
3. Synthesis of Algorithm for Range Measurement Equipment to Track Maneuvering Aircraft Using Data on Its Dynamic and Kinematic Parameters / A. P. Pudovkin, Yu. N. Panasyuk, S. N. Danilov, S. P. Moskvitin // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – V. 1015, Is. 3, article id. 032111.
4. Панасюк, Ю. Н. Основы автоматизации проектирования устройств СВЧ и антенн [Электронный ресурс, мультимедиа] : учебное пособие / Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. – 270 с.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ ГЕОМЕТРИИ КОАКСИАЛЬНО-ПОЛОСКОВОГО ПЕРЕХОДА

И. И. Каргапольцев

Московский государственный технический университет
имени Н. Э. Баумана, Москва, Россия
(e-mail: kargapoltsevii@student.bmstu.ru)

В современном проектировании СВЧ-устройств доминируют печатные технологии, это обусловлено их технологичностью и возможностью миниатюризации. Ключевым этапом разработки является выбор типа линии передачи и базового материала, обеспечивающих оптимальные характеристики устройства. Основным требованием к радиочастотным линиям передачи является минимизация потерь и искажений сигнала при прохождении от источника к нагрузке. Однако даже при исходном согласовании импеданса линии, добавление разъема, необходимого для соединения с внешними модулями или передающими трактами, может вызвать рассогласование, приводящее к искажениям сигнала из-за отражений.

Это связано с тем, что коаксиальные и полосковые линии передачи имеют различные распределения полей и конструкцию, следовательно, качественный переход требует моделирования и электродинамической оптимизации.

При подключении центрального контакта торцевого коаксиального разъема к проводящей дорожке печатной платы его геометрия создает вертикальный выступ над поверхностью дорожки. Данный металлический элемент создает дополнительную емкость, которую необходимо компенсировать для достижения оптимальных характеристик. Для устранения емкостного эффекта требуется внести индуктивность, корректируя параметры дорожки. Это может быть реализовано как в микрополосковой линии, так и в заземленном копланарном волноводе путем постепенного уменьшения ширины дорожки, известного как конусный переход (tapered transitions).

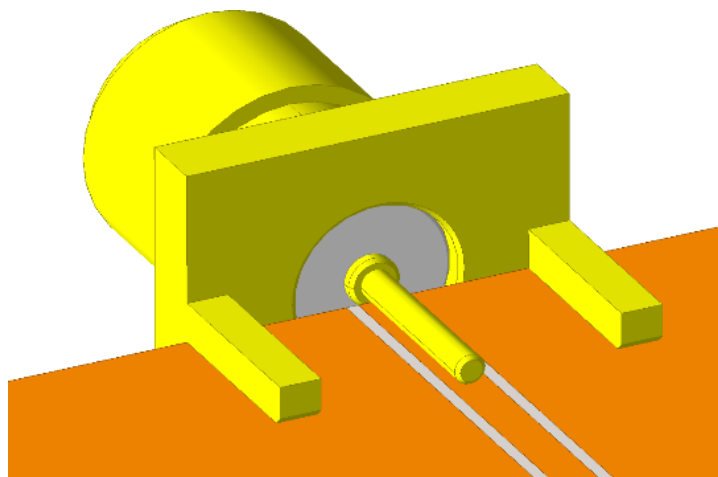


**Рис. 1. Торцевой SMA-разъем с крупным центральным контактом,
вызывающим увеличение емкости**

Традиционный подход к проектированию конусного перехода заключался в согласовании ширины линии с диаметром центрального проводника разъема, с последующим плавным расширением до стандартной ширины на участке, соответствующем длине контакта.

Для согласования с микрополосковой линией также рекомендуется адаптировать ширину линии в месте контакта под диаметр круглого штыревого вывода. В копланарных волноводах аналогичный результат достигается либо увеличением расстояния между сигнальной линией и землей, либо уменьшением ширины сигнальной линии. Оба метода оптимизации направлены на повышение импеданса до уровня, соответствующего характеристическому сопротивлению системы.

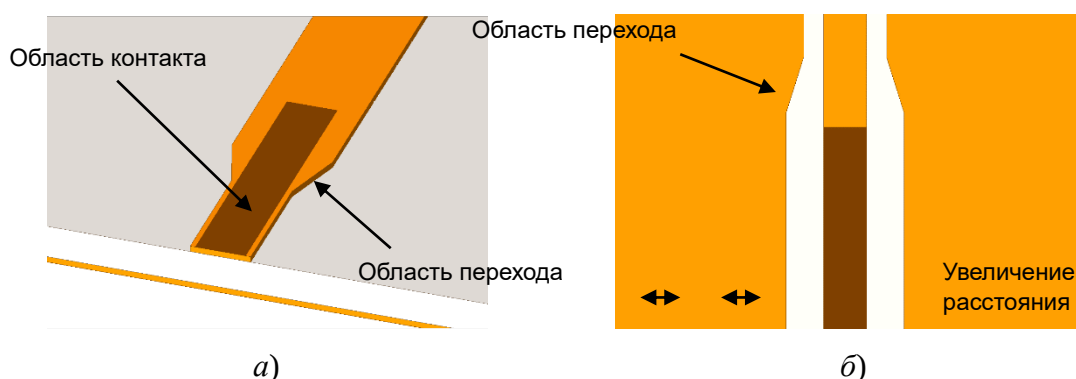


Рис. 2. Пример оптимизации формы перехода для микрополосковой линии (а) и в заземленном копланарном волноводе (б)

Таким образом, проектирование коаксиально-полосковых переходов требует комплексного подхода и использования FEM-оптимизации. Перспективным направлением в этой области является интеграция алгоритмов машинного обучения в системы автоматизированного проектирования, что позволяет существенно сократить временные затраты на анализ электромагнитных характеристик и выявление корреляционных зависимостей между топологией перехода на печатной плате и геометрией центрального штыря коаксиального разъема.

Библиографический список

1. David, M. Pozar Microwave Engineering / M. David. – 4th ed. – John Wiley&Sons Inc, USA, 2012. – 736 p.
2. Tsai, O. Coaxial PCB Connector PCB-Transmission Line Design Guide [Application Note] / O. Tsai // Würth Elektronik. – 2022. – URL : www.we-online.com
3. Southwest Microwave “The design & test of broadband launches up to 50 GHz on thin and thick substrates”, Application Note, www.southwestmicrowave.com, 2011.

СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ БОКОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ РАЗРЕЖЕННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ

В. В. Ковалевская, А. Ю. Чернышев

Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия
(e-mail: rt.kaf@cchgeu.ru)

Снижение уровня бокового излучения линейной разреженной антенной решетки является важной задачей синтеза антенн [1, 2]. Она может быть решена за счет оптимального размещения излучателей антенной решетки, а также питания их оптимальными по амплитуде и начальной фазе токами [2 – 4]. Поиск расстояний между излучателями, комплексных амплитуд токов является нетривиальной задачей [4, 5].

В докладе ставится задача численного поиска расстояний между изотропными излучателями, а также амплитуд токов, запитывающих излучатели, обеспечивающих минимальное значение максимального уровня боковых лепестков (УБЛ) диаграммы направленности (ДН) линейной антенной решетки (ЛАР) заданной длины. Длина ЛАР определяется числом излучателей, а также коэффициентом разреженности, соответствующим среднему расстоянию в длинах волн между излучателями ЛАР в предположении ее эквидистантности.

Для решения задачи разработана программа в пакете MathCAD, позволявшая вероятностным образом минимизировать целевую функцию в виде зависимости максимального УБЛ в дБ от расстояний между излучателями ЛАР и амплитуды токов в них. В качестве алгоритма численной оптимизации использована версия генетического алгоритма (ГА), позволившая успешно решить ряд аналогичных задач [4 – 7]. В докладе частично приводится листинг программы и акцентируется внимание на отличительные особенности использованной версии ГА, а также реализации барьерных условий на максимальную длину ЛАР, а также минимальную величину расстояний между излучателями.

В докладе приводятся результаты оптимизации уровня бокового излучения ЛАР для разных коэффициентов разреженности и числа излучателей в виде нормированных ДН с указанием максимального УБЛ, а также найденных расстояний между излучателями и амплитуд токов, их запитывающих.

В частности, например, установлено, что у 8-элементной решетки с коэффициентом разреженности, равным 0,7, максимальный уровень бокового излучения при оптимизации только расстояний между излучателями может быть снижен по сравнению со случаем аналогичной длины эквидистантной решетки на 2,9 дБ. При этом коэффициент расширения основного лепестка ДН составил менее 3%. При совместной оптимизации расстояний и токов в излучателях найдены такие значения последних, при которых максимальный УБЛ снижается более чем на 49 дБ. Заметим, что при этом основной лепесток ДН расширяется на 56%. Очевидно, что дальнейшим развитием темы является выяснение, насколько можно снизить максимальный УБЛ при введении ограничения на степень расширения основного лепестка ДН.

Библиографический список

1. Карасев, А. С. Синтез разреженной линейной антенной решетки с сохранением ширины главного лепестка и минимальным уровнем боковых лепестков при помощи генетического алгоритма / А. С. Карасев, М. А. Степанов // Журнал радиоэлектроники. – 2022. – № 5.
2. Останков, А. В. Минимаксный уровень бокового излучения равноамплитудной неэквидистантной антенной решетки / А. В. Останков, С. А. Антипов, Ю. С. Сахаров // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2013. – Т. 9, № 6-3. – С. 10 – 12.
3. Кирпичева, И. А. Оптимизация шаблона для повышения эффективности синтеза антенной решетки с косекансной диаграммой направленности / И. А. Кирпичева, А. В. Останков, А. И. Рябчунов // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2020. – Т. 16, № 2. – С. 106 – 112.
4. Potentially Achievable Levels of Lateral Radiation of an Equal-Amplitude Nonuniformly-Filled Array / A. Ostankov, K. M. San, O. Chernoyarov, S. Pergamenchchikov // Proceedings of the 13th International Conference on Measurement. – 2021. – P. 216 – 219.
5. A simple Method for Increasing the Equal-Amplitude Non-Uniform Linear Thinned Array Directivity / O. V. Chernoyarov, A. V. Salnikova, I. A. Kirpicheva, A. V. Ostankov // 2019 5th International Conference on Frontiers of Signal Processing. – 2019. – P. 117 – 120.
6. Останков, А. В. Синтез фазированной антенной решетки с секторной диаграммой направленности / А. В. Останков, А. С. Нечаев, С. Ю. Дашян // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2021. – Т. 17, № 3. – С. 78 – 84.
7. Phased Antenna Array Synthesis Technique Employing Special Directional Patterns and Demonstrating Improved Performance / A. Ostankov, A. Ryabchunov, S. Dachian et al. // International Journal on Communications Antenna and Propagation. – 2022. – V. 12, No. 3. – P. 218 – 227.

КОРРЕКЦИЯ АЧХ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА В ПОРТАТИВНОЙ РАДИОСТАНЦИИ ДИАПАЗОНА 868 МГц НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВОГО СИГНАЛЬНОГО ПРОЦЕССОРА ADAU1701

**И. И. Пасечников, М. Ф. Гасанов, В. В. Тарасов,
М. В. Тарасов, В. А. Федоров**

Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина,
Тамбов, Россия
(e-mail: pasechnikov_ivan@mail.ru)

Проектирование радиосистем предусматривает цифровую обработку сигнала на основе применения высокопроизводительных цифровых сигнальных процессоров (DSP) с гибкой архитектурой.

Цель работы: определение возможностей и применение DSP ADAU1701 для коррекции амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) в цифровом канале радиосвязи с вокодером.

Решаемые задачи: интеграция DSP ADAU1701 в структурную схему портативной радиостанции УКВ-диапазона; проектирование блок-схемы цифровых фильтров и динамических процессоров сигнального процессора; максимизация разборчивости речи при приеме путем настройки динамического диапазона и АЧХ с использованием графического интерфейса SigmaStudio [1, 2].

Блок-схема цифровых фильтров и динамических процессоров реализует методы обработки цифрового речевого сигнала до и после вокодера. При передаче с аналогового микрофона через АЦП DSP (input1_0) сигнал усиливается с коэффициентом -15 дБ, далее фильтруется ФВЧ и ФНЧ 4-го порядка с частотами среза 300 Гц и 7000 КГц соответственно, после чего параметрическим эквалайзером ParamEQI_1 ослабляется на 5 дБ на частоте 600 Гц и незначительно усиливается в диапазоне 1...4 КГц. После эквалайзера сигнал корректируется коэффициентом усиления 20 дБ, далее выводится посредством цифровой шины I2S на вокодер. При приеме сигнал с вокодера подается через вход Input1 на регуляторы усиления, Gain RX и 5Splitter1, далее посредством переключателя NX1-1 в целях оценки эффективности настройки и разборчивости «на слух», разделяется на два отдельных пути: цепь с коррекцией сигнала и без нее. Индикаторы уровня 1XRTA используются для подстройки усиления и мониторинга уровней сигнала на различных этапах. Они позволяют визуализировать распределение частот и общие характеристики сигнала. Сигнал после регулятора усиления поступает на динамический процессор (Compressor1_2) – компрессор/экспандер для нормализации уровня сигнала и ограничения шума при отсутствии речи при приеме, далее проходит через последовательность фильтров – ФВЧ 4-го порядка с частотой среза 300 Гц (NFfilter1_4) и ФНЧ 2-го порядка с частотой среза 7000 КГц (Nffilter1_5), параметрический эквалайзер ParamEQI_2 и подается на регулятор Gain1. ParamEQI_2 обеспечивает коррекцию АЧХ: подъем частот на 5 дБ в диапазоне от 1...5 КГц, а также ослабление уровня частоты резонанса корпуса радиостанции на частотах 400...600 Гц (рис. 1).

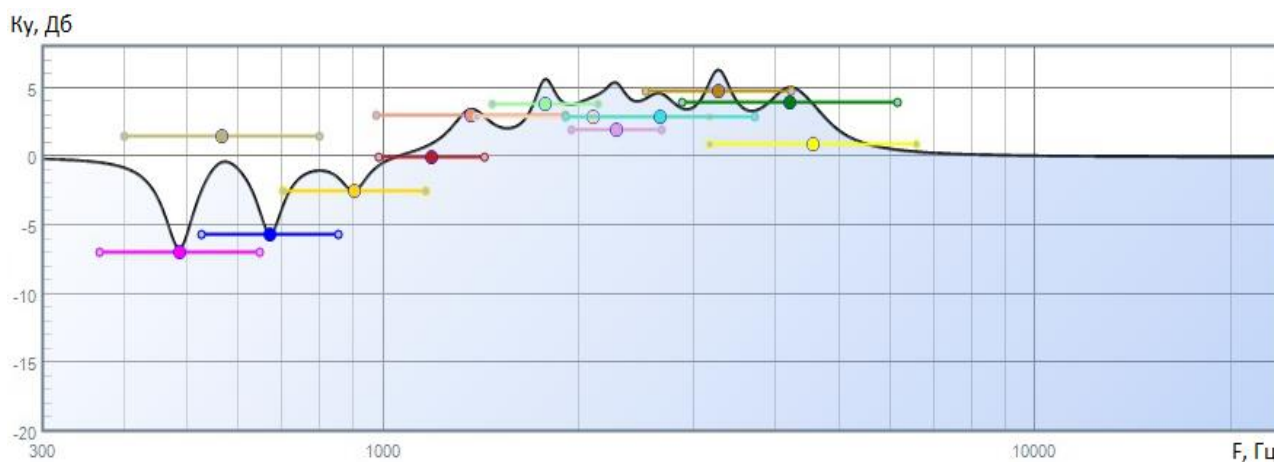


Рис. 1. Регулировка АЧХ перед выводом сигнала на УНЧ

Вывод: проведенные испытания разборчивости речи показывают улучшение качества передачи речи на основе проведенной коррекции АЧХ с использованием DSP ADAU1701.

Библиографический список

1. Analog Devices. SigmaDSP 28-/56-Bit Audio Processor with Two ADCs and Four DACs [Электронный ресурс] : datasheet. – URL : <https://www.farnell.com/datasheets/2253176.pdf> (дата обращения: 29.03.2025).
2. Analog Devices. SigmaStudio [Электронный ресурс] : документация. – URL : <https://wiki.analog.com/resources/tools-software/sigmastudio> (дата обращения: 11.03.2025).

РАДИОВИДИМОСТЬ: МАТЕМАТИКА И ПРАКТИКА

А. В. Лисицын, А. В. Резников, А. А. Монахова

Рыбинский государственный авиационный технический университет
имени П. А. Соловьева, Рыбинск, Россия
(e-mail: rector@rsatu.ru)

Развитие беспилотных летательных аппаратов требует высокой точности при планировании маршрутов и обеспечении устойчивой связи. Ключевым фактором является радиовидимость – возможность прохождения сигнала между передатчиком и приемником по прямой или близкой к ней линии

Целью работы является автоматизация оценки радиовидимости с учетом рельефа местности и кривизны Земли. Основу расчета составляет построение линии визирования и ее сравнение с высотным профилем маршрута. При этом учитываются: координаты и высоты антенн, рельеф, частота сигнала, мощность и усиление.

Для оценки расстояния между двумя точками на поверхности Земли применяется формула гаверсинуса:

$$a = \sin^2\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right) + \cos\varphi_1 \cos\varphi_2 \sin^2\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right),$$
$$D = 2R \cdot \arctg 2(\sqrt{a}, \sqrt{1-a}),$$

где φ, λ – координаты точек, R – радиус Земли. Эта формула дает точное расстояние с учетом сферичности поверхности.

Кривизна Земли учитывается через параболическую аппроксимацию:

$$h(d) = \frac{d(D-d)}{2R},$$

где d – текущая точка; D – общее расстояние; R – радиус Земли. Полученная поправка добавляется к высоте рельефа и сравнивается с линией сигнала. Если рельеф перекрывает сигнал, радиовидимость отсутствует.

Разработанная программа автоматизирует этот процесс: пользователь вводит координаты начальной и целевой точек, после чего выполняется дискретизация маршрута, запрос высот, построение линии сигнала и проверка видимости. Интерфейс показывает профиль местности, прямую линию сигнала и указывает зоны блокировки.

Также реализована функция построения маршрута для БПЛА. Аппарат поднимается выше максимальной высоты на траектории, затем начинается снижение. Если взлет не от базовой станции, программа строит маршрут от ближайшей точки прямой. Поддерживаются как GPS-координаты, так и относительные (VIO).

Благодаря автоматизированным расчетам пользователь может оперативно оценить зону покрытия и построить безопасный маршрут. Это критически важно при работе в сложных условиях – в горах, городской застройке или при угрозе радиоэлектронного подавления.

Таким образом, реализованное решение позволяет выполнять точную и быструю оценку радиовидимости с учетом реальных условий. В перспективе возможна интеграция с системами навигации и планирования маршрутов в реальном времени.

Разработанные методы могут применяться при планировании маршрутов гражданских и военных БПЛА, обеспечивая устойчивую связь в сложных условиях: при доставке грузов в плотной городской застройке, мониторинге протяженных объектов (ЛЭП, трубопроводов) и проведении поисково-спасательных операций в горной местности.

Библиографический список

1. Фитасов, Е. С. Оценка радиовидимости низколетящих воздушных объектов с учетом экранирующего воздействия рельефа местности / Е. С. Фитасов // РТС. – 2017. – № 2(26).
2. Ломаев Ю. С., Ломаев А. С. Влияние алгоритмов обработки сигналов на условия радиовидимости навигационных космических аппаратов. – 2017. – № 13.
3. ITU-R P.530-18 : Propagation Data and Prediction Methods Required for the Design of Terrestrial Line-of-Sight Systems = Данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования для проектирования наземных систем прямой видимости : рекомендация МСЭ-R (12.2019). – Geneva : ITU, 2019. – 42 p. – (ITU-R Recommendations. P Series). – URL : <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.530>
4. Кузнецов, А. М. Современные методы расчета зон радиовидимости в городских условиях / А. М. Кузнецов, С. К. Петров // Радиотехника и электроника. – 2021. – Т. 66, № 5. – С. 423 – 431.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АНТЕННЫ С ГРЕБЕНЧАТЫМ РЕФЛЕКТОРОМ

А. В. Костюк, В. В. Ковалевская, А. В. Останков

Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия
(e-mail: Artem16102001@yandex.ru)

Антенну возбуждают излучателем. Если луч, попадающий на каждую канавку, проходит одинаковое расстояние от излучателя до плоскости фронта отраженной волны, учитывая двойное преломление канавки (рис. 1), то фазы всех лучей в этой плоскости будут совпадать, и антенна будет эффективно излучать в этом направлении.

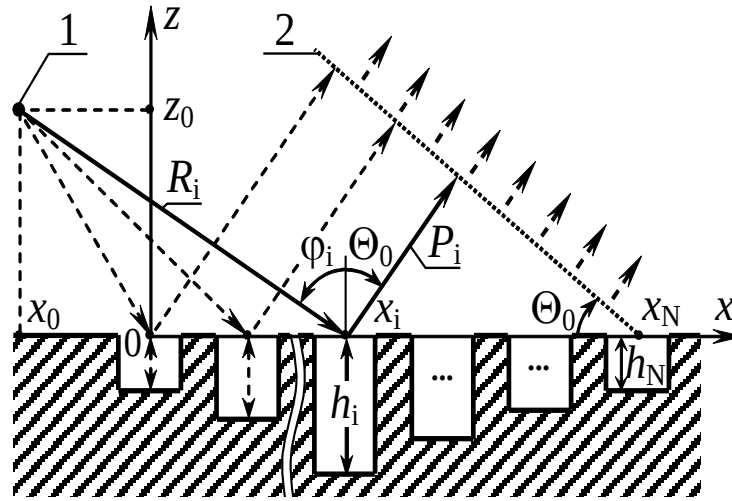


Рис. 1. Геометрия корректировки пути лучей облучателя

Полагая, что каждый i -й луч проходит одинаковый по длине путь от облучателя (точки с координатами (x_0, z_0) , позиция 1 на рис. 1) до плоскости фронта, отраженной от зеркала волны, имеем

$$R_i + 2h_i + P_i = \text{const}, \quad (1)$$

где расстояние R_i от облучателя до раскрыва i -й канавки определяется координатами облучателя (x_0, z_0) и центра i -й канавки $(x_i = (i - 1)L)$:

$$R_i = \sqrt{(x_i - x_0)^2 + z_0^2} = \sqrt{((i - 1)L - x_0)^2 + z_0^2}, \quad (2)$$

а длина пути от раскрыва i -й канавки до плоскости фронта отраженной волны, которая в выбранный момент наблюдения пересекает продольную ось Ox в точке с координатой $x_N = (N - 1)L$ (центр крайней справа канавки):

$$P_i = (x_N - x_i) \sin \Theta_0 = (N - i)L \sin \Theta_0. \quad (3)$$

С учетом оговоренного момента наблюдения в качестве константы, определяющей в (1) суммарную длину хода i -го луча, следует взять полный путь, который проходит N -й луч, «засвечивающий» крайнюю справа канавку:

$$\text{const} = \sqrt{((N - 1)L - x_0)^2 + z_0^2} + 2 \times h_N.$$

Тогда из формулы (3.1) легко получить выражение, определяющее необходимую глубину i -й канавки:

$$h_i = h_N + \frac{1}{2} \cdot \left(\sqrt{[(N-1)L - x_0]^2 + z_0^2} - \sqrt{[(i-1)L - x_0]^2 + z_0^2} - (N-i)L \sin \Theta_0 \right). \quad (4)$$

Когда выполняется условие (4), фазы всех парциальных волн, повторно испускаемых канавками, идентичны в плоскости фронта отраженной волны, и антенна излучает в направлении фазы в широком диапазоне частот. Эффективность излучения антенны существенно зависит как от высоты подвески излучателя, так и от фазового угла, а также от характера распределения амплитуды на поверхности отражателя, определяемого характеристиками направленности облучаемого излучателя [1].

Библиографический список

1. Останков, А. В. Математическая модель зеркальной антенны с плоским ребристым зеркалом / А. В. Останков, В. Н. Фролов // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2005. – Т. 1, № 11. – С. 99 – 102.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МАЛОГАБАРИТНОГО БЕСКОЛЛЕКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Р. А. Кудрявцев, Е. А. Елисеичев

Рыбинский государственный авиационный технический университет
имени П. А. Соловьева, Рыбинск, Россия
(e-mail: roman8kudr@gmail.com; EvgenijEliseichev@yandex.ru)

С развитием технологий и повышением требований к эффективности и экономичности систем электропривода особенное внимание привлекают бесколлекторные двигатели постоянного тока (БДПТ), представляющие собой современное и эффективное решение для широкого спектра применений. Уникальные характеристики таких двигателей, такие как высокая производительность, надежность, компактность и низкое энергопотребление, делают их идеальным выбором для использования в различных областях, от бытовой техники до промышленного производства.

Практический интерес к БДПТ заключается в их высокой эффективности, надежности и низком уровне шума. Они широко применяются в различных отраслях, таких как аэрокосмическая, медицинская, промышленная автоматика, нефтегазовая отрасль и т.д.

На текущий момент времени наблюдается все увеличивающийся спрос на БДПТ со стороны промышленности, однако они сталкиваются с отсутствием математических моделей, способных эффективно их моделировать. Это создает пробел в аналитических инструментах и затрудняет принятие обоснованных решений.

В данной работе представляется математическая модель, имеющая следующие входные параметры [1]:

- 1) напряжение питания;
- 2) внутреннее сопротивление обмотки;
- 3) инерция ускоряемой нагрузки;
- 4) момент;
- 5) скорость вращения, время работы;

На рисунках 1 и 2 приведены графики рассчитываемых разработанной моделью параметров БДПТ.

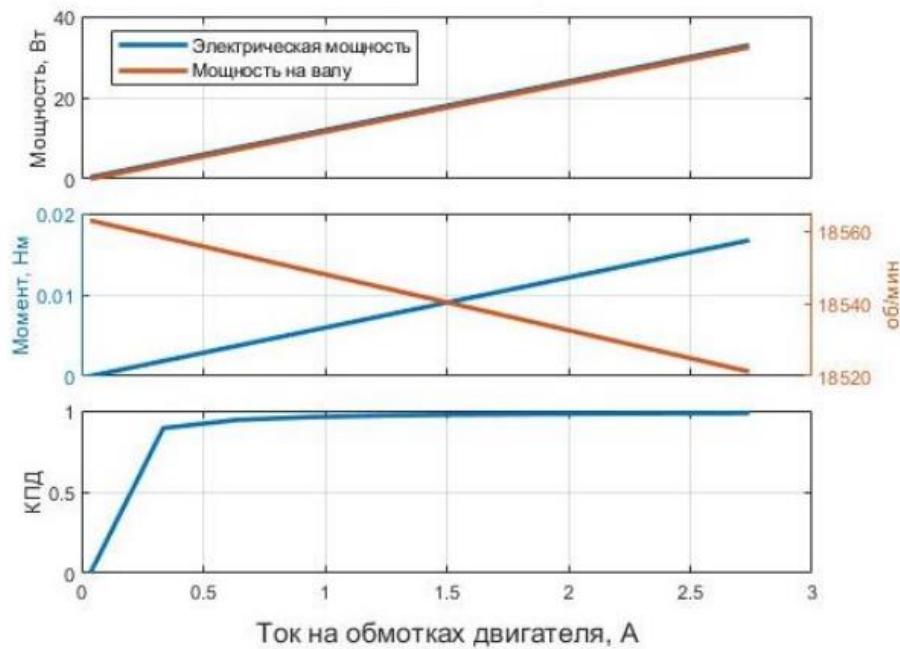


Рис. 1. Графики рассчитываемых параметров БДПТ:
верхний – мощность; средний – момент; нижний – КПД

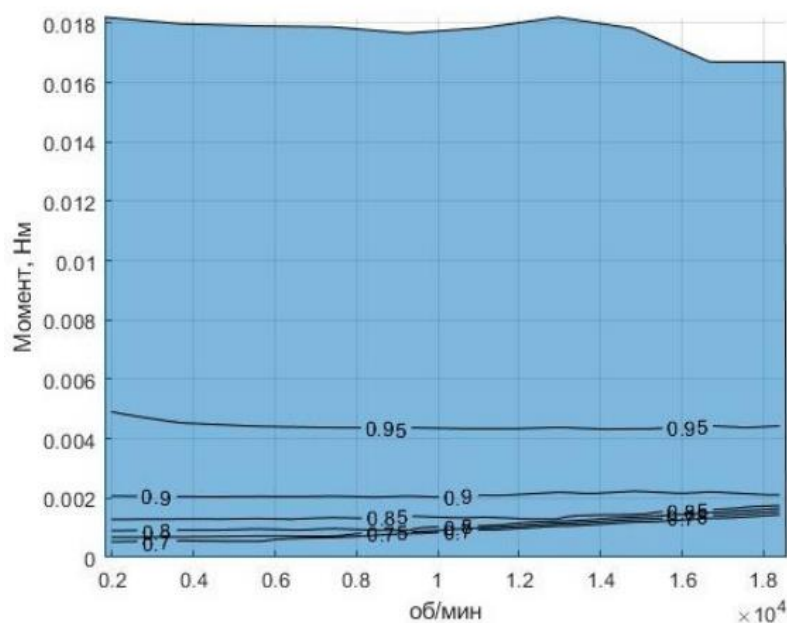


Рис. 2. Карта КПД БДПТ

Библиографический список

1. Вельченко, А. А. Математическая модель бесколлекторного двигателя постоянного тока на основе уравнения напряжения трехфазной обмотки / А. А. Вельченко, С. А. Павлюковец, А. А. Радкевич // Системный анализ и прикладная информатика. – 2024. – № 1. – С. 19 – 25.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРАВЛЕННЫХ СВОЙСТВ АНТЕННЫ ВОЛНОВОГО КАНАЛА

А. Е. Медведев, И. С. Медведев

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: Medvedevstu@gmail.com; vanyusha.medvedev.003@mail.ru)

В настоящее время чаще стал применяться метод компьютерного моделирования в разных сферах, особенно в антенностроении.

Специализированные программы позволяют осуществить сложный расчет антенны [1 – 4]. Это позволяет наглядно проанализировать, как изменятся параметры антенны при изменении ее размеров и конфигурации, рабочей частоты, окружающего рельефа. Используя принцип масштабирования размеров относительно частоты с большинством линейных антенн, можно получить антенну на другой частотный диапазон с таким же исходным видом [5].

Немалой проблемой является выбор метода моделирования антенн. В основе метода моделирования антенн лежит вычислительное ядро, обеспечивающее численное решение уравнений электромагнитного поля для каждой точки. Существуют три основных ядра:

1. Ядро MININEC – одно из первых удачных применяется по настоящее время. Одним из недостатков является, что при моделировании реальной земли не учитываются потери ближней реактивной зоны антенны в реальной земле.

2. Ядро NEC2 – устраняет основной недостаток ядра MININEC, но при этом имеет свои недостатки. Это невозможность учета проводов, касающихся земли и противовесов, лежащих на земле, и ошибки при стыковке проводов разного диаметра.

3. Ядро NEC4 – дальнейшее развитие ядра NEC2. Может учитывать противовесы как на поверхности земли, так и закопанные в нее. Проблема с соединением проводов разных диаметров не решена полностью, но сведена на минимум и обеспечивает достаточную точность.

На сегодняшний день пользуются популярностью следующие методы моделирования: MMANA-GAL на ядре MININEC; 4NEC2 на ядре NEC2. Более профессиональный метод моделирования – это CST STUDIO и ANSYS HFSS, которые имеют коммерческий характер.

Рассмотрим моделирование диаграммы направленности в MMANA-GAL, используя антенну волновой канал из 8 элементов. MMANA-GAL при вычис-

лении использует метод моментов. Антенна описывается произвольным набором прямых тонких проводов, а каждый провод представляется в виде набора сегментов, разбитых точками. В каждой точке вычисляются импедансы и комплексные токи как собственные, так и наведенные от всех остальных сегментов. В результате вычисляется полный ток в каждой точке и электромагнитное поле, создаваемое этими токами. После вычислений получим диаграмму направленности в соответствующей вкладке на рис. 1.

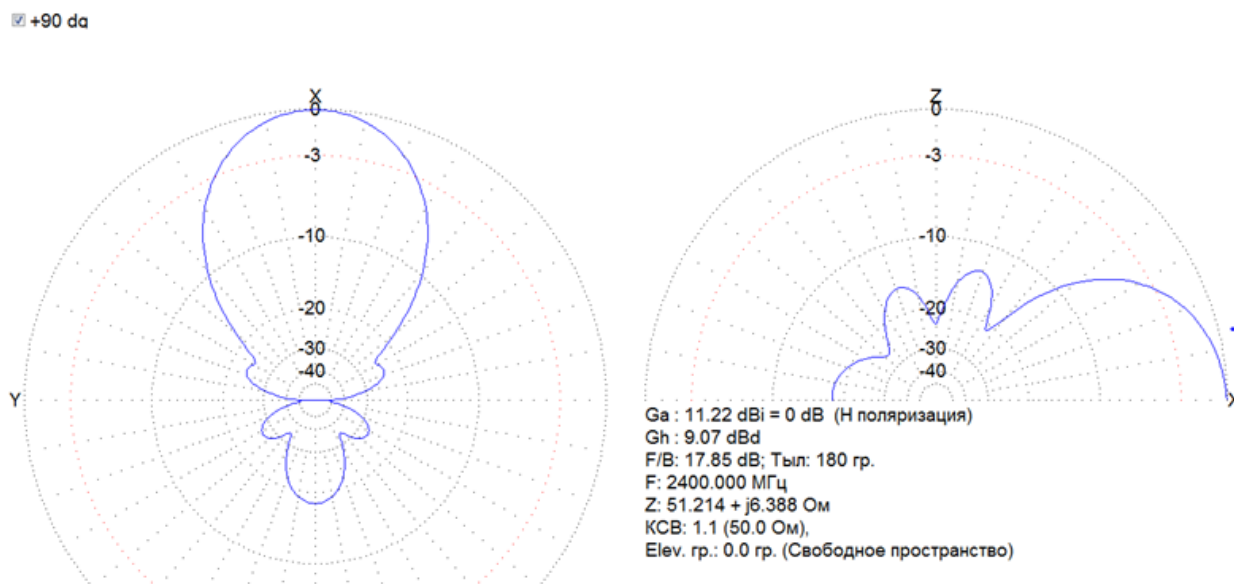


Рис. 1. Диаграмма направленности антенны волновой канал

Таким образом, компьютерное моделирование с помощью специализированных программ позволяет исследовать антенну и, изменяя ее параметры, оптимизировать под конкретные условия и требования.

Библиографический список

1. Пудовкин, А. П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.
2. Панасюк, Ю. Н. Обработка радиолокационной информации в радиотехнических системах : учебное пособие / Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2016. – 84 с.
3. Пудовкин, А. П. Основы теории антенн : учебное пособие / А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк, А. А. Иванков. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 92 с.
4. Панасюк, Ю. Н. Устройства сверхвысоких частот : учебное пособие / Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 80 с.
5. Панасюк, Ю. Н. Основы автоматизации проектирования устройств СВЧ и антенн [Электронный ресурс, мультимедиа] : учебное пособие / Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2016. – 270 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

А. Е. Медведев, И. С. Медведев

Тамбовский государственный технический университет
(e-mail: Medvedevstu@gmail.com; vanyusha.medvedev.003@mail.ru)

Антенная решетка позволяет синфазно излучать электромагнитные волны в каждом излучателе. Простейшими излучателями служат отдельные, обычно слабонаправленные антенны (вибраторы, щели, спирали, открытые концы волноводов, рупоры и т.п.) [1, 2]. Диаграмма направленности формируется в результате интерференции волн, излучаемых элементами. Если излучатели идентичны и одинаково ориентированы, то диаграмму можно представить в виде произведения ее элемента на множитель решетки, который имеет смысл диаграммы направленности решетки, образованной изотропными излучателями [1 – 4].

Рассмотрим варианты антенных решеток:

1. Фазированная антенная решетка имеет узкую ширину диаграммы обратного рассеяния, т.е. меньшую или равную 80° ($\Delta\varphi \leq 80^\circ$), где φ – угол азимута, совпадающий с плоскостью расположения решетки антенных переизлучателей в виде открытых концов волноводов или коротких рупорных антенн. Узкая ширина диаграммы обратного рассеяния прототипа обусловлена тем, что антенные переизлучатели прототипа имеют раскрывы, перпендикулярные оси, т.е. совпадающие с углом $\alpha = 90^\circ$, отсчитываемые от оси волновода.

2. Цифровая антенная решетка (антенная решетка с цифровой обработкой сигнала) – антенная решетка с поэлементной обработкой сигналов, в которой сигналы от излучающих элементов подвергаются аналого-цифровому преобразованию с последующей обработкой по определенным алгоритмам.

3. Пассивная или активная антенная система, представляющая собой совокупность аналого-цифровых (цифроаналоговых) каналов с общим фазовым центром, в которой формирование диаграммы направленности осуществляется в цифровом виде, без использования фазовращателей.

Цифровое формирование высокоидентичных частотных фильтров на выходе приемных устройств обеспечивает глубокую компенсацию широкополосных помеховых сигналов. В сочетании с расширением динамического диапазона при накоплении в процессе пространственно-временной обработки это обеспечивает недостижимую ранее помехозащищенность. Максимальная глубина «нулей» диаграммы направленности в направлениях на источники помех в ФАР ограничена малой разрядностью фазовращателей (5–6 бит), в ЦАР же используются АЦП с разрядностью 12 – 16 бит.

При выполнении приемопередающих модулей ЦАР с программно-конфигурируемой архитектурой в полной мере может быть реализован принцип интегрированной апертуры. В это понятие входит объединение антенных систем и ВЧ-блоков всех типов бортовых радиотехнических средств в единую

структуру с минимизацией единиц аппаратуры, а также побочных радиоизлучений. При этом достигается оперативная функционально-ресурсная адаптация архитектуры бортового радиоэлектронного оборудования и существенно возрастает эффективность всего радиоэлектронного комплекса.

Способность ЦАР к многосигнальному приему в широком телесном угле при организации многопозиционных комплексов позволяет преодолеть большинство недостатков, присущих аналогичным традиционным системам с электронной или механической перестройкой узкого приемопередающего луча.

С точки зрения помехоустойчивости рассмотренные выше антенны с равномерным амплитудным и фазовым распределением имеют существенное боковое поле и не являются оптимальными. В реальной ситуации, как правило, имеется один или несколько источников локальной помехи (музыкальная программа, транспортное средство и другая техника), которая может существенно снизить помехоустойчивость такой системы. Поэтому антенная решетка должна быть адаптирована к окружающей среде.

Библиографический список

1. Пудовкин, А. П. Основы теории антенн : учебное пособие / А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк, А. А. Иванков. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 92 с.
2. Панасюк, Ю. Н. Устройства сверхвысоких частот : учебное пособие / Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 80 с.
3. Панасюк, Ю. Н. Основы автоматизации проектирования устройств СВЧ и антенн [Электронный ресурс, мультимедиа] : учебное пособие / Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2016. – 270 с.
4. Пудовкин, А. П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫБОРА ЭЛЕМЕНТОВ ПРИВОДА КРИСТАЛЛИЗАТОРА С ПЕРЕМЕШИВАЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ

В. Г. Мокрозуб, А. Н. Кривенцев, А. В. Полянский, А. А. Скворцова

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: mokrozubv@yandex.ru)

Кристаллизационное оборудование широко применяется для получения полупроводниковых материалов. Одним из типов кристаллизаторов является вертикальный кристаллизатор с перемешивающим устройством. Перемешивающее устройство приводится в действие с приводом. Существует несколько

типовых конструкций приводов. Выбор типа привода и его отдельных элементов выполняется на основании мощности, необходимой для перемешивания, частоты вращения мешалки, объема аппарата, давления в аппарате и др. параметров. На рисунке 1 в качестве примера приведен привод по ОСТ 26-01-1225 (тип 1, исполнение 1).

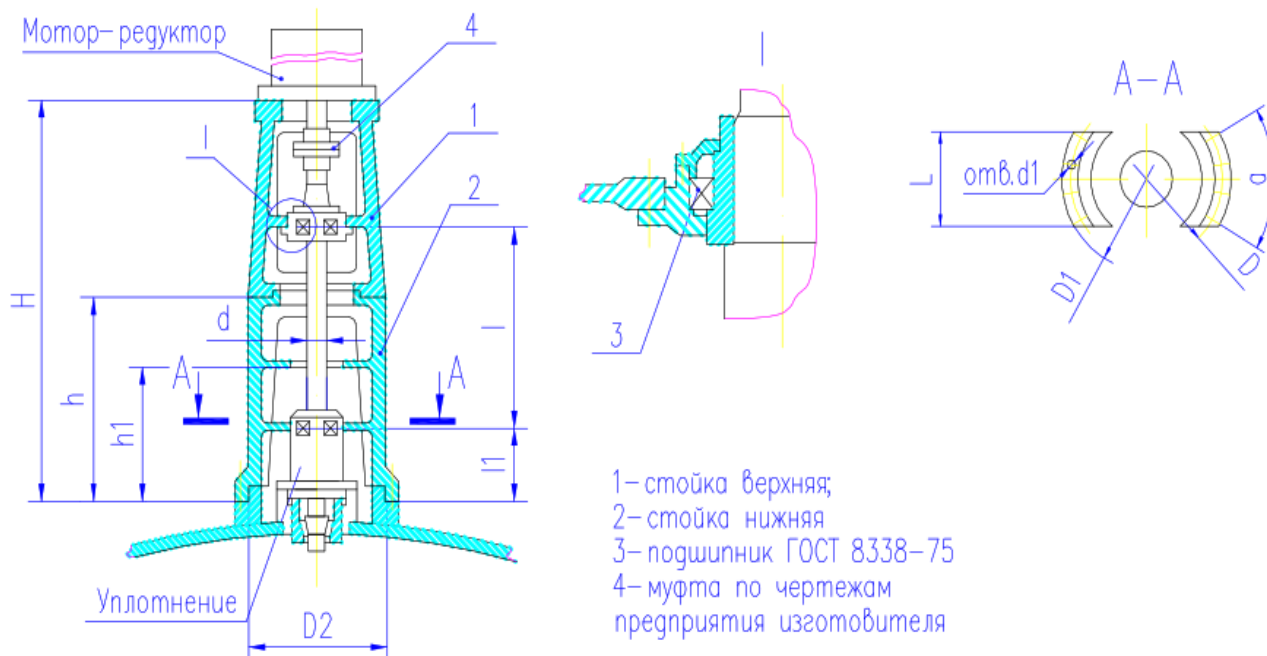


Рис. 1. Пример привода

Основными подлежащими выбору элементами привода являются: стойка, подшипники, уплотнение, муфта, мотор-редуктор. В условиях автоматизированного проектирования выбор этих элементов должен осуществляться с минимальным участием конструктора [1, 2]. Это достигается за счет составления информационной модели, в основе которой лежат правила вида «Если ..., то ...».

Рассмотрим примеры правил выбора типа стойки по ОСТ 26-01-1225.

Введем обозначения: m – материал корпуса аппарата; V – объем аппарата, P – давление в корпусе аппарата; t – тип стойки аппарата; i – исполнение стойки аппарата; Y – исполнение вала привода аппарата; u – тип уплотняющего устройства.

Примеры правил.

Если m ="сталь" и V ="от 1 до 50 м³" то t ="Тип 1".

Если m ="сталь" и V ="от 0.25 до 2 м³" то t ="Тип 2".

Если m ="сталь с эмалевым покрытием" то t ="Тип 5" и i ="Исполнение 1".

Если m ="чугун с эмалевым покрытием" и Y ="консольный вал" то t ="Тип 4" и i ="Исполнение 1".

Если m ="чугун с эмалевым покрытием" и Y ="однопролетный вал" то t ="Тип 3" и i ="Исполнение 1".

Компьютерная реализация информационной модели осуществляется в редакторе онтологий Protege.

Библиографический список

1. Цифровое машиностроение / М. Н. Краснянский, В. Г. Мокрозуб, В. А. Немтинов и др. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2023. – 266 с.
2. Мокрозуб, В. Г. О подходе к интеллектуализации информационной поддержки принятия решений при конструировании химического оборудования / В. Г. Мокрозуб, В. А. Немтинов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2015. – № 7. – С. 31 – 34.

СПОСОБ ИСКЛЮЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ОТКАЗОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ КООРДИНАТ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ

А. В. Мордовин, Д. Д. Москвитина, О. О. Богданов, А. С. Кожевников

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: mordovin-sasha68@mail.ru)

При определении координат местоположения с помощью приемника спутниковых навигационных систем (СНС) могут появляться аномальные измерения, возникающие по разным причинам, к которым относятся атмосферные искажения и многолучевость распространения сигнала [1, 2].

Для исключения таких измерений можно использовать сглаживание фильтром Калмана, сигнал на выходе которого представлен формулой (1)

$$x_{k_0+1} = Ky_{k+1} + (1 - K_{k+1})x_{k_0}, \quad (1)$$

где K – коэффициент Калмана; y_{k+1} – неточное показание датчика на борту объекта; K_{k+1} – коэффициент Калмана в следующий момент времени.

На рисунке 1 представлено сравнение графика координат северной широты и графика результата фильтрации значений координат по формуле (1).

Аномальными считаются измерения, выходящие за пороги

$$[m_\varepsilon - 3\sigma_\varepsilon, m_\varepsilon + 3\sigma_\varepsilon],$$

где m_ε – математическое ожидание значений координат; σ_ε – дисперсия значений координат.

По графику можно сделать вывод, что фильтр Калмана оказывает слабое влияние на значительные по величине аномальные измерения, но в то же время достаточно хорошо фильтрует незначительные выбросы.

Следующим этапом для более полного устранения аномальных измерений можно заменять их на значения, полученные с выхода инерциальной навигационной системы (ИНС). Однако при ее использовании в течение продолжи-

тельного времени может возникнуть накопление ошибки, что приведет к недопустимому отклонению измеренного местоположения от истинного. Для решения данной проблемы необходимо постоянно сверять показания ИНС с внешними данными, к которым относятся показания СНС, доплеровского измерителя скорости, барометрического высотомера, и производить корректировку.

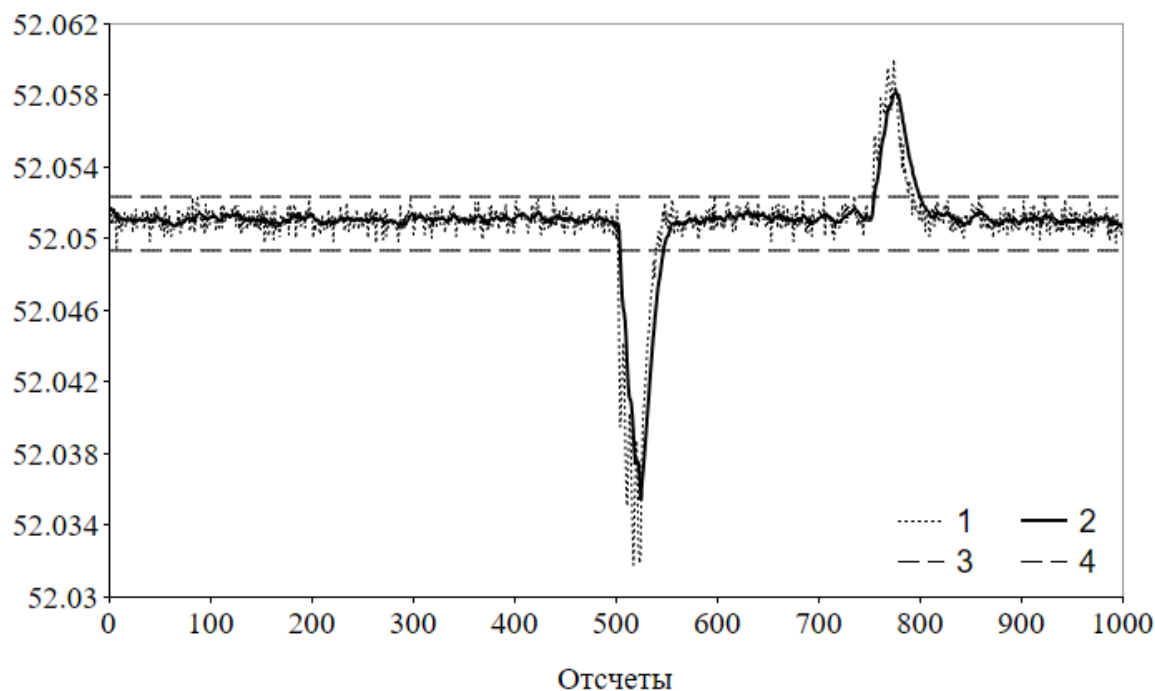


Рис. 1. Влияние фильтра на сглаживание значений координаты:

1 – координаты до фильтра; 2 – координаты после фильтра;
3, 4 – пороги аномальных значений

Библиографический список

1. Иванов, А. В. Навигация наземных объектов / А. В. Иванов, Н. А. Иванова. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 120 с.
2. Радиотехнические системы / Ю. П. Гришин, В. П. Ипатов, Ю. М. Казаринов и др. – М. : Высшая школа, 1990. – 495 с.
3. Выявление наличия аномальных измерений при определении координат местоположения объекта по сигналам ГЛОНАСС/GPS / С. П. Москвитин, А. В. Мордовин, Н. А. Лежнева, А. А. Иванов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2023. – Т. 29, № 4. – С. 2.
4. Экспериментальное исследование появления аномальных измерений спутниковых навигационных систем / А. В. Мордовин, А. А. Иванов, Н. А. Лежнева, С. П. Москвитин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2024. – Т. 29, № 4. – С. 125 – 127.

МОСТОВОЙ ВИХРЕТОКОВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТОЛЩИН ДВУХСЛОЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Ю. Н. Татаринцев, А. П. Пудовкин

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(e-mail: yurok20@mail.ru; resbn@mail.ru)

При неразрушающем контроле толщин многослойных материалов наиболее оптимальным является вихретоковый метод с мостовым преобразователем, у которого есть возможность контроля объектов со сложной геометрией и движущихся объектов контроля.

В работе представлено описание вихретокового метода с мостовым преобразователем для контроля толщин двухслойных материалов. Сущность метода состоит в использовании преобразователя в виде параллельного колебательного контура. Вихретоковый преобразователь устанавливают в зоне контроля и периодически подключают к источнику питания для формирования в параллельном колебательном контуре собственных затухающих колебаний, по величине затухания которых судят об изменениях физико-механических параметров контролируемого объекта, в качестве информативного параметра используют изменение средневыпрямленного напряжения затухающих колебаний. Мостовой вихретоковый преобразователь изображен на рис. 1, содержит коммутирующий элемент, соединенный первым входом с шиной питания, а выходом – с входом вихретокового преобразователя, выход которого соединен с входом пикового детектора и с входом детектора средневыпрямленного значения. Выход пикового детектора соединен с первым входом мостовой схемы, первый и второй выходы которой подключены к индикатору информативного параметра. Второй вход коммутирующего элемента соединен с выходом мультивибратора, вход которого соединен с выходом задающего генератора. Преимущество данного метода – это стабильность измерений, когда все обмотки находятся в идентичных окружающих условиях, поэтому они подвержены одинаковым температурным, вибрационным и другим внешним воздействиям.

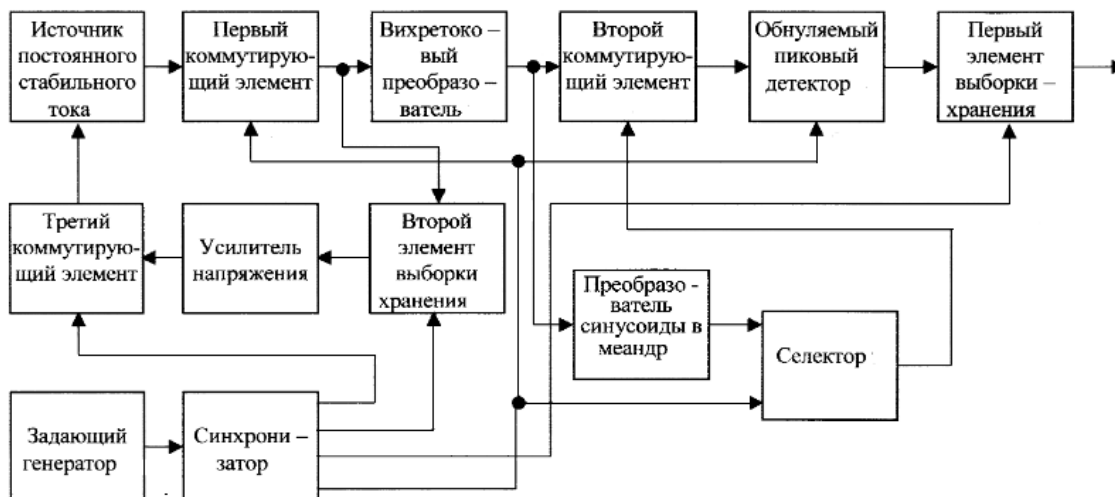


Рис. 1. Структурная схема мостового вихретокового преобразователя

Данный метод может быть использован для быстроедейственного, бесконтактного определения толщины плоских двухслойных материалов, таких как толщины диэлектрических покрытий с высокими точностными характеристиками.

Библиографический список

1. Пудовкин, А. П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014.
2. Пудовкин, А. П. Метод непрерывного контроля толщины и сплошности соединения слоев биметалла / А. П. Пудовкин, Д. В. Семененко / Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2009. – Т. 15, № 3. – С. 667 – 671.
3. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. Справочник : в 2-х кн. / под ред. В. В. Клюева. – М. : Машиностроение, 1986. – 420 с.

ДИАГНОСТИКА ДЕФЕКТОВ В АНАЛОГОВОЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ СХЕМЕ МЕТОДОМ ОТЖИГА

Д. Х. Нгуен, Т. Х. Во

МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Россия
(e-mail: duchai09011997@gmail.com; thehai.ttrd@gmail.com)

Алгоритм имитации отжига – это широко используемый алгоритм оптимизации, который применяется в области оптимизации с момента его создания Киркпатриком в 1983 г. Однако при использовании алгоритма имитации отжига для задачи непрерывной оптимизации в целях диагностики дефектов в аналоговой радиоэлектронной схеме мы получаем много решений. Это привело нас к гипотезе Ли [1] о том, что в аналоговой радиоэлектронной схеме вероятность того, что все компоненты дефектны, очень мала. Поэтому предполагается, что в схеме только один дефектный компонент.

На рисунке 1 показан процесс поиска оптимального решения алгоритмом.

С особенностью принятия решений с определенной вероятностью, алгоритм избегает застревания в локальных оптимумах и приближается к глобальному оптимуму.

На рисунке 2 показана аналоговая радиоэлектронная схема с идеальными значениями $R_1 = 300$, $R_2 = 700$, $R_3 = 300$. Среди трех компонентов один имеет отклонение от заданного значения, и наша задача – определить, какой компонент дефектный, а также узнать значение его параметра.

На рисунке 3 показан процесс сходимости целевой функции к глобальному минимуму.

Когда целевая функция достигает глобального минимума, мы получаем оптимальное решение: дефектный компонент R_1 , и его значение составляет 100 Ом. Таким образом, мы смогли преобразовать алгоритм оптимизации в алгоритм для диагностики дефектов в аналоговой радиоэлектронной схеме.

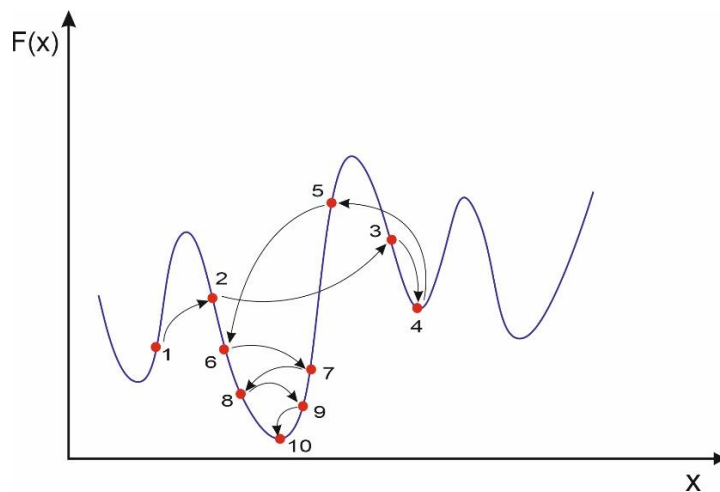


Рис. 1. Процесс поиска оптимального решения

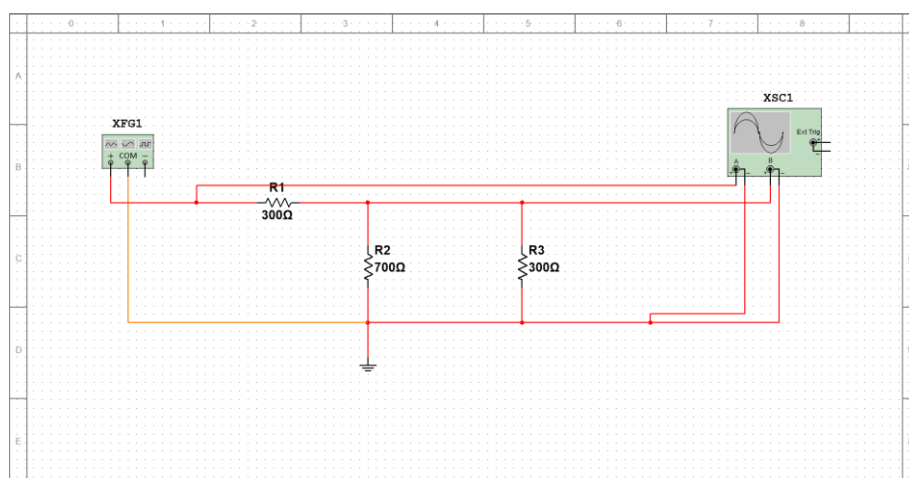


Рис. 2. Модель схемы в среде Multisim

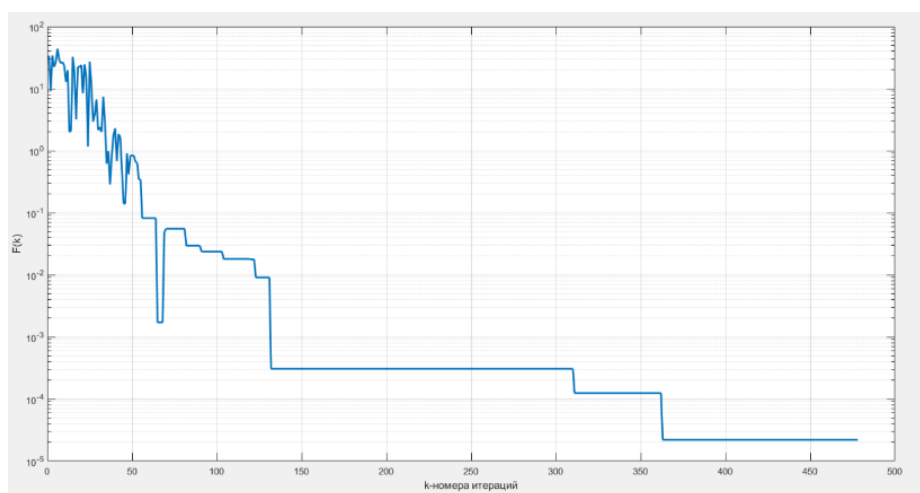


Рис. 3. Процесс сходимости целевой функции

Библиографический список

1. Бэндлер, Д. У. Диагностика неисправностей в аналоговых цепях / Д. У. Бэндлер, А. Э. Салама // Тр. ин-та инженеров по электротехнике и радио-электронике. – 1985 – Т. 73, № 8. – С. 35 – 87.

АНТЕННАЯ РЕШЕТКА С СЕКТОРНОЙ ДИАГРАММОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

А. В. Останков, Н. А. Скориков

Воронежский государственный технический университет, Россия, Воронеж
(e-mail: rt.kaf@cchgeu.ru)

В ряде практических случаев формируемая антенной решеткой (АР) диаграмма направленности (ДН) должна максимально соответствовать идеальной секторной диаграмме, предполагающей строгую равномерность излучения в заданном угловом секторе и отсутствие излучения за его пределами. Формирование высококачественной секторной ДН возможно с помощью эквидистантной АР слабонаправленных элементов при условии оптимизации амплитудного распределения на апертуре [1].

В докладе ставится задача формирования улучшенной формы секторной ДН, характеризующейся либо высокой равномерностью в пределах сектора, либо минимальным уровнем бокового излучения, либо максимальной крутизной скатов ДН при фиксированном числе элементов АР [2 – 4]. Поиск оптимального амплитудного распределения предполагается выполнять методом параметрической оптимизации. В качестве целевой функции, минимум которой следует обеспечить для реализации заданного качества ДН, рекомендовано использовать среднеквадратическое отклонение сформированной решеткой ДН от идеальной секторной ДН, взвешенное с кусочно-постоянной функцией, распределение которой по угловым координатам предполагается регулировать.

Минимизация целевой функции реализована с помощью актуальной версии генетического алгоритма, многократно продемонстрировавшего свою эффективность [5, 6]. С использованием разработанного программного продукта, существенно опирающегося на генетический алгоритм, получены многочисленные результаты формирования секторной ДН методом параметрической оптимизации при разном интервальном распределении уровней весовой функции.

Установлено, что улучшение качества секторной ДН возможно при использовании кусочно-постоянной весовой функции в виде сомножителя СКО формируемой и идеальной СДН. В частности, при увеличенном значении весовой функции в части полосы задержания удастся снизить максимальный уровень боковых лепестков ДН 8-элементной АР вплоть до «минус» 43 дБ вне 60-градусного сектора. При необходимости обеспечения высокой равномерности вершины ДН (при спаде в центре менее чем на 0,5 дБ) с относительно малым УБЛ («минус» 24 дБ) следует увеличить, например, десятикратно значение весовой функции в пределах ширины сектора.

Выяснено, что использование для синтеза секторной ДН предварительно сглаженной функции, получаемой, например, при оптимизации шаблона [4, 7], по которому выполняется синтез АР методом парциальных диаграмм или интеграла Фурье [8], позволяет получить определенный выигрыш по максимальному уровню бокового излучения.

Библиографический список

1. Hansen, R. C. Phased Array Antennas: Second Edition / R. C. Hansen. – John Wiley & Sons, Inc., 2009. – 547 p.
2. Ogurtsov, S. A Review of Synthesis Techniques for Phased Antenna Arrays in Wireless Communications and Remote Sensing / S. Ogurtsov, D. Caratelli, Z. Song // International Journal of Antennas and Propagation. – 2021. – Art. 5514972.
3. Останков, А. В. Синтез фазированной антенной решетки с секторной диаграммой направленности / А. В. Останков, А. С. Нечаев, С. Ю. Дамян // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2021. – Т. 17, № 3. – С. 78 – 84.
4. Synthesizing the Sector Directional Pattern with Improved Quality Indicators / A. Ostankov, A. Nechaev, S. Dachian, et al. // 2022 ELEKTRO. – 2022. – P. 1 – 5.
5. A Simple Method for Increasing the Equal-Amplitude Non-Uniform Linear Thinned Array Directivity / O. V. Chernoyarov, A. V. Salnikova, I. A. Kirpicheva, A. V. Ostankov // 2019 5th International Conference on Frontiers of Signal Processing. – 2019. – P. 117 – 120.
6. Potentially Achievable Levels of Lateral Radiation of an Equal-Amplitude Nonuniformly-Filled Array / A. Ostankov, K. M. San, O. Chernoyarov, S. Pergamenchchikov // Proceedings of the 13th International Conference on Measurement. – 2021. – P. 216 – 219.
7. Кирпичева, И. А. Оптимизация шаблона для повышения эффективности синтеза антенной решетки с косекансной диаграммой направленности / И. А. Кирпичева, А. В. Останков, А. И. Рябчунов // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2020. – Т. 16, № 2. – С. 106 – 112.
8. Зелкин, Е. Г. Методы синтеза антенн: Фазированные антенные решетки и антенны с непрерывным раскрытием / Е. Г. Зелкин, В. Г. Соколов. – М. : Сов. радио, 1980. – 296 с.

ОЦЕНКА ЗАТУХАНИЯ РАДИОСИГНАЛА ПРИ ДИФРАКЦИИ В ПОМЕЩЕНИИ

А. В. Костюк, Д. А. Моисеев, В. В. Ковалевская

Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия
(e-mail: Artem16102001@yandex.ru)

Для расчета затухания радиоволн в атмосфере используется метод послойного разбиения, который позволяет оценивать погонное затухание с учетом всех важных компонентов атмосферного поглощения. Применение таких моделей как «подвижная атмосфера» помогает в анализе влияния различных факторов на распространение сигнала и ведет к созданию детализированных моделей, отражающих характеристики разного типа атмосферных условий.

Экспериментальные результаты по затуханию сигнала. При распространении радиоволн в свободном пространстве имеют место потери, обусловленные рассеянием волн от точки излучения в различные направления. Процесс

распространения радиоволн в какой-либо среде характеризуется тангенсом угла потерь [3]:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{60 \gamma \lambda}{\varepsilon}. \quad (1)$$

Для численной оценки затухания сигнала применим формулу из [1]:

$$L'_{\text{Д}} = \frac{P_{\text{Д}}}{P_{\text{А}}} = \frac{\lambda^4 \cos^2 \varphi \cos^3 \left(\arcsin \frac{\sin \varphi}{\sqrt{\varepsilon_2}} \right)}{8 \pi^4 R_1^2 R_2^2 \left[\cos \varphi + \sqrt{\varepsilon_2 - \sin^2 \varphi} \right]^2 \left[\cos \left(\arcsin \frac{\sin \varphi}{\sqrt{\varepsilon_2}} \right) + \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_2}} \cos \varphi \right]^2 h \cdot 10^{8,69 \frac{\pi \sqrt{\varepsilon_2} \operatorname{tg} \delta}{\lambda}}}. \quad (2)$$

Доработаем формулу (2) с помощью нахождения тангенса угла потерь, выведенного в формуле (1). Будем уточнять по трем используемым частотам: 35, 65 и 150 МГц. Полученные результаты представим в размерности дБ с помощью функции логарифмирования.

Полученный результат представим в виде графика зависимостей величины коэффициента затухания от угла падения волны на поверхность (рис. 1).

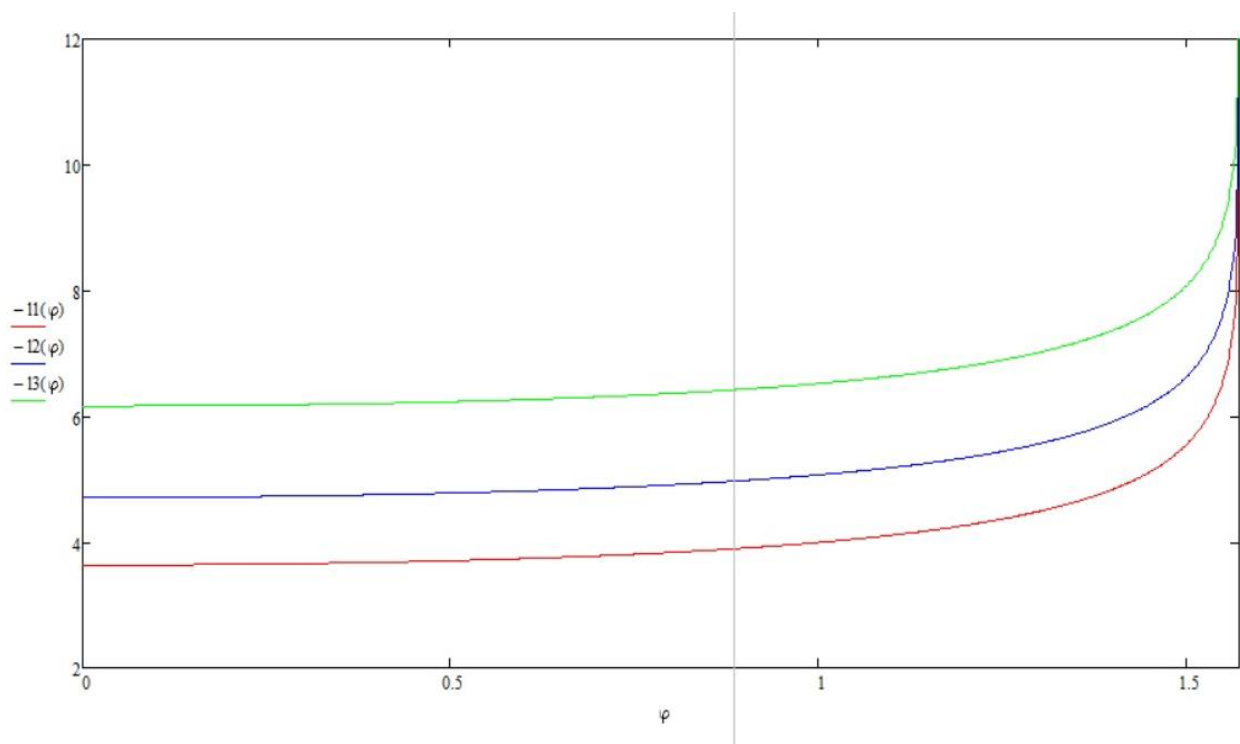


Рис. 1. Зависимость величины коэффициента затухания от угла падения волны

На данном графике мы можем проследить зависимость коэффициента ослабления радиоволны в зависимости от ее угла падения. Мы видим, что кривая l_3 для частоты 150 МГц имеет начально увеличенные значения коэффициента затухания по сравнению со значениями для, например, l_1 с частотой 35 МГц.

Наблюдаем зависимость, что несмотря на частоту сигнала, при приближении угла падения к 1,5 радианам, что равняется $\pi/2$, и далее, график начинает уходить к асимптотическим значениям.

Данный фактор дает нам понять, что необходимо закладывать в мощность излучающего сигнала возможные потери, связанные в первую очередь с геометрическим падением волны на препятствия, а также с физико-химическими свойствами материала, из которого изготовлено то или иное препятствие.

Библиографический список

1. Семенко, А. И. Оценка затухания радиосигнала при прохождении через стену / А. И. Семенко, А. А. Смелянский // Доклады БГУИР. – 2014. – № 7(85).
2. Теодорович, Н. Н. Расчет передачи сигналов радиоволн для автоматизированных систем через материалы различной химической природы / Н. Н. Теодорович // Башкирский химический журнал. – 2009. – Т. 16, № 4.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЦИФРОВЫХ АВТОКОМПЕНСАТОРОВ ПОМЕХ

Д. А. Лагутин, Д. А. Чистилин

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(e-mail: resbn@mail.ru)

Адаптивные компенсаторы помех, формирующие весовые коэффициенты на основе использования входных сигналов, стабильны и имеют высокую скорость сходимости [1]. Общая структурная схема таких автокомпенсаторов представлена на рис. 1.

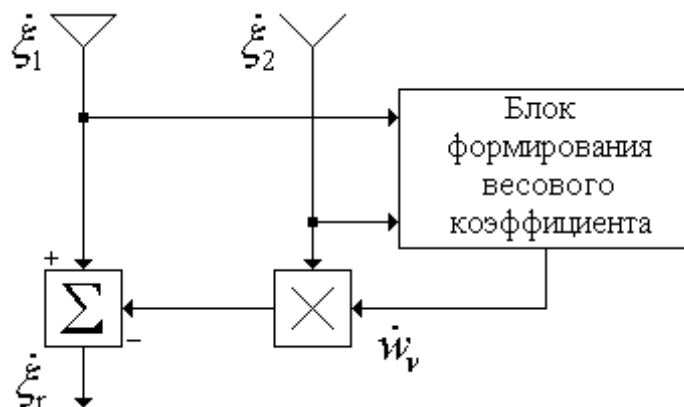


Рис. 1. Общая структурная схема автокомпенсатора

Присутствие составляющих полезного сигнала в компенсационном канале приводит к уменьшению коэффициента подавления помех, и искажению полезного сигнала [2]. Поэтому необходимо создать в диаграмме направленности компенсационной антенны провал в направлении прихода полезного сигнала и максимум в направлении помехового, однако это требует синтеза алгоритмов специального вида.

На рисунке 2 представлена структурная схема устройства, позволяющего исключить влияние полезного сигнала на формирование весовых коэффициентов каналов компенсации помех, принимаемых по боковым лепесткам диа-

граммы направленности антенны. В структуре устройства компенсации помех можно выделить три блока: блок формирования выходного сигнала (БФВС), блок формирования помехового сигнала (БФПС) и блок формирования весовых коэффициентов (БФВК).

Сигнал основного канала отключен от БФВК и используется только в БФВС. Антенны основного и компенсационных каналов смещены друг относительно друга на расстояние d вдоль базы антенн. Компенсационные антенны являются ненаправленными с коэффициентом направленного действия, определяемым уровнем боковых лепестков диаграммы направленности основной антенны.

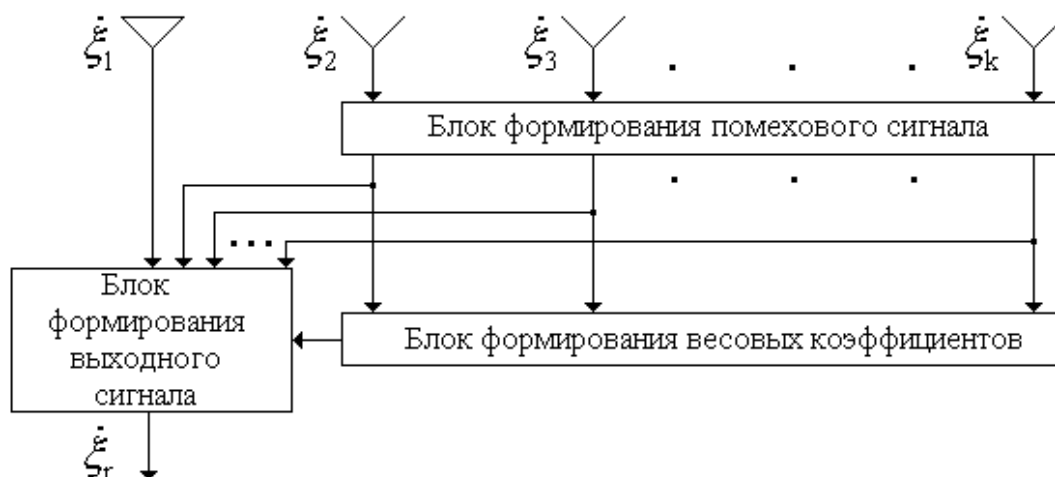


Рис. 2. Структурная схема устройства с исключением полезного сигнала из каналов адаптации

В БФПС, представляющий собой набор вычитающих устройств, поступают сигналы компенсационных каналов. Вычитающие устройства БФПС осуществляют попарное вычитание сигналов компенсационных каналов. В компенсационных каналах составляющие полезного сигнала имеют одинаковые фазовые сдвиги, поскольку направление прихода полезного сигнала ξ_c перпендикулярно базе компенсационных антенн. В результате вычитания формируются только помеховые сигналы, так как синфазные ослабленные полезные сигналы компенсационных каналов устраняются.

Помеховые сигналы с выходов БФПС поступают в БФВК. Полученные в БФВК весовые коэффициенты будут оптимальными. В БФВС из сигнала основного канала происходит вычитание помеховых сигналов, сформированных БФПС, умноженных на оптимальные весовые коэффициенты. Необходимым условием эффективной работы предлагаемого метода является одинаковый фазовый сдвиг между помеховыми сигналами, участвующими как в формировании весовых коэффициентов, так и выходного сигнала. Использование сигналов с выходов БФПС для формирования весовых коэффициентов и выходного сигнала АК позволяет устранить амплитудные искажения полезного сигнала на выходе БФВС, а также флуктуации весовых коэффициентов относительно оптимального значения в БФВК.

Библиографический список

1. Способы защиты бортовых РЛС от преднамеренных помех / А. И. Канащенков, В. И. Меркулов, О. Ф. Самарин, В.С. Чернов // Радиотехника. – 2002. – № 5. – С. 29 – 35.
2. Уидроу, Б. Адаптивная обработка сигналов / Б. Уидроу, С. Стирнз : пер. с англ. – М. : Радио и связь, 1989. – 440 с.

ПЕРЕДАТЧИК ЛИНИИ СВЯЗИ ЧЕТВЕРТОГО ПОКОЛЕНИЯ С ПОВЫШЕННОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ

В. В. Попов

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(e-mail: vadim.porov.2002@bk.ru)

В данной статье приводится исследование зависимости величины погрешности от параметров нелинейного усилителя передатчика. Для этого за основу взята кусочно-линейная амплитудная характеристика с условием $K_2 \leq K_1$, где K_1 и K_2 – коэффициенты усиления сигналов. Порог излома характеристики $PR \leq 0,5$ при неизменных коэффициентах демодуляции $k_{demod} = 1$ и усиления $K_1 = 3$. При изменении значения коэффициента усиления K_2 и порогового значения верхней и нижней границ PR будет отслеживаться уменьшение средней величины ошибки

Используя операторы, представленные ниже, определяются значения увеличения искажений в линейном усилителе при оптимальных параметрах разницы:

$$\frac{1}{N-101} \sum_{j=100}^{N-1} \left[\sqrt{\left| (y_j^1 - U_j) - m_1 \right|^2} \right], \quad (1)$$

$$\frac{1}{N-101} \sum_{j=100}^{N-1} \left[\sqrt{\left| (Uw_j^2 - Uw_j^1) - m_2 \right|^2} \right]. \quad (2)$$

Для графика приняты следующие обозначения:

- $(K_1 \cdot Uw_2)_j$ – сигнал, усиленный линейно (красная сплошная линия);
- Uw_j^1 – сигнал, на выходе нелинейного УМ (синяя пунктирная линия);
- PR и PR пороговые значения (черные горизонтальные сплошные линии).

На рисунке 1 представлен фрагмент листинга программы, линейно усиленный сигнал Uw_2 и сигнал на выходе нелинейного УМ Uw_1 , при $K_2 = 1$ и $PR = 1$ в результате исследования. В таблице 1 представлены результаты исследования при разных K_2 , в табл. 2 при постоянных K_1 , k_{demod} и K_2 и при разных значениях PR .

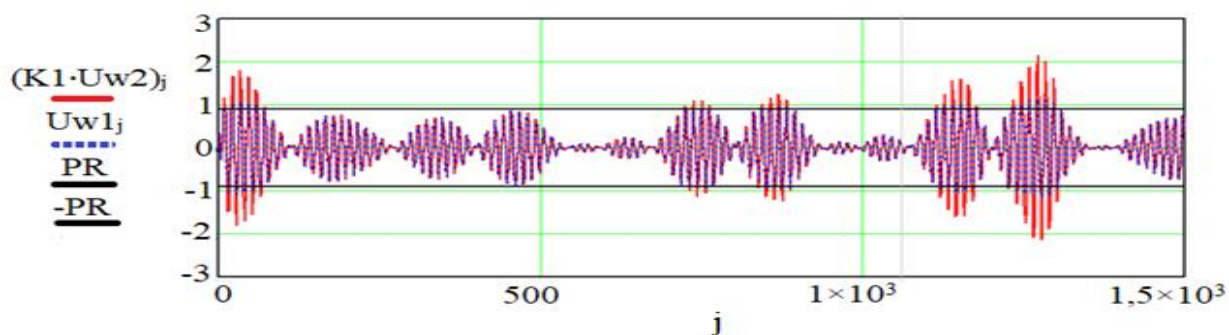


Рис. 1. Фрагмент листинга программы

1. Результаты средних величин ошибок при изменении K_2

№	K_1	kdemod	K_2	PR	Погрешность линейного УМ, Δ_0	Пик-фактор линейного УМ, p_0	Погрешность нелинейного УМ, Δ	Пик-фактор нелинейного УМ, p
1	3	1	1	1	0,211	23,819	0,135	12,335
2			2				0,061	13,738
3			3				0,031	14,887
4			4				0,014	15,945
5			5				$2,775 \cdot 10^{-4}$	16,958

2. Результаты средних величин ошибок при изменении PR

№	K_1	kdemod	K_2	PR	Погрешность линейного УМ, Δ_0	Пик-фактор линейного УМ, p_0	Погрешность нелинейного УМ, Δ	Пик-фактор нелинейного УМ, p
1	3	1	1	0,1	0,211	23,819	0,267	18,769
2				0,4			0,065	14,567
3				0,6			0,017	13,327
4				0,86			$3,243 \cdot 10^{-3}$	14,233
5				1			$6,609 \cdot 10^{-4}$	15,986

В результате исследования была выявлена определенная закономерность – увеличение параметров ошибки нелинейного УМ, при увеличении значений коэффициента усиления K_1 влечет за собой снижение величины погрешности на выходе усиления Δ , но в то же время провоцирует рост пик-фактора p . При коэффициенте усиления $K_1 = 3$ увеличение PR и K_2 наиболее негативным образом сказываются на значениях пик-фактора.

Библиографический список

1. Беспроводные системы 4-го поколения [Интернет ресурс]. – URL : https://studref.com/480516/tehnika/besprovodnye_sistemy_pokoleniya (дата обращения: 17.09.2024).
2. Пудовкин, А. П. Современные системы радиосвязи [Электронный ресурс. Мультимедиа] : учебное пособие : в 2-х кн. / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – Кн. 1. – URL : <http://www.tstu.ru/r.php?r=obuch.book.elib3&id=12&year=2015> (дата обращения: 20.03.2025).

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПАТЧ-АНТЕННЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТАМАТЕРИАЛОВ

Д. А. Медведев, Я. Р. Котенко, Я. С. Дронин, Г. Г. Иванов

Дальневосточный федеральный университет, Россия, Владивосток
(e-mail: medvedev.dan@dvfu.ru; kotenko.yr@dvfu.ru;
dronin.ias@dvfu.ru; ivanov.gg@dvfu.ru)

Современный этап развития технологий характеризуется активным прогрессом в области СВЧ-устройств, где ключевой задачей остается поиск методов повышения помехоустойчивости и энергоэффективности без увеличения габаритов компонентов [2]. Перспективным направлением в решении этой проблемы считается применение метаматериалов. Эти искусственные композиты содержат специальные структурные элементы, определяющие их уникальные электромагнитные свойства [3]. В отличие от природных материалов, для которых характерны положительные значения диэлектрической и магнитной проницаемости, метаматериалы демонстрируют отрицательные значения этих параметров [2]. Такие аномальные характеристики позволили классифицировать их как DNG-материалы (Double Negative), или бинегативные среды, открывающие новые возможности для миниатюризации и оптимизации СВЧ-техники.

Нами была спроектирована модель патч-антенны, имеющей резонансы на частотах 6 и 8,9 ГГц. На рисунке 1 представлена спроектированная патч-антенна с зависимостью коэффициента отражения от частоты.

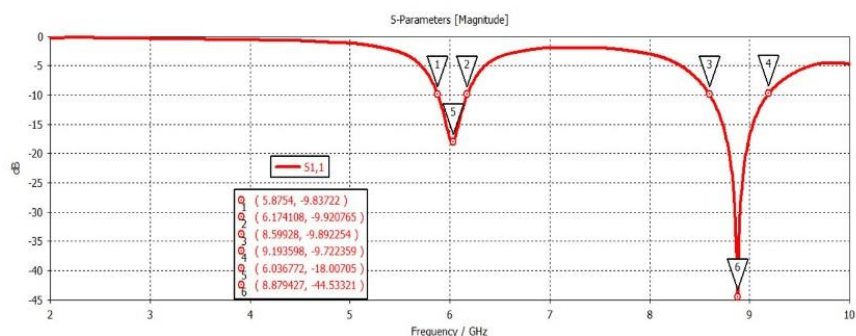
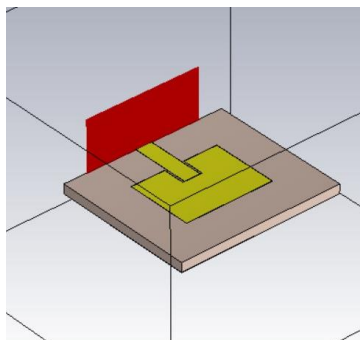


Рис. 1. Патч-антенна с частотной зависимостью коэффициента отражения

Добавив ранее спроектированную, метаструктуру [1], мы получили иные характеристики антенны, был получен резонанс на частоте 5,6 ГГц, которая используется в технологии 5G мобильной связи и 6 поколения Wi-Fi, варианты расположения метаячеек и получившиеся зависимости коэффициентов отражения от частоты для обоих случаев представлены на рис. 2, 3.

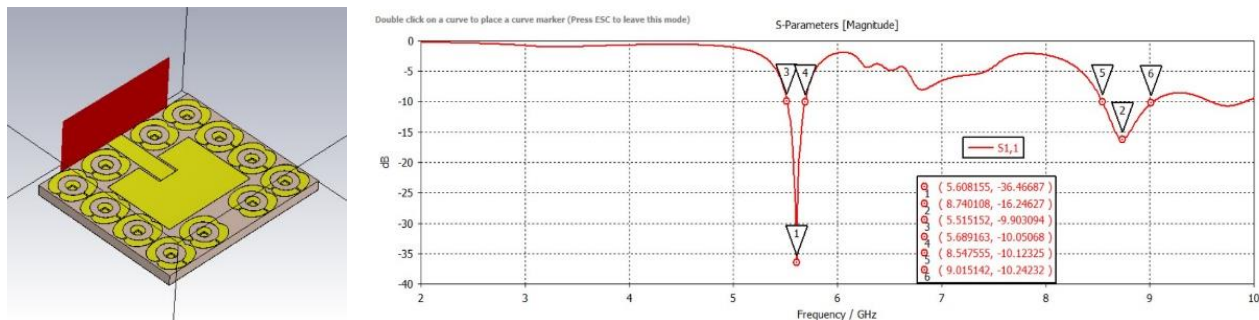


Рис. 2. Патч-антенна с добавлением метаструктуры с частотной зависимостью коэффициента отражения

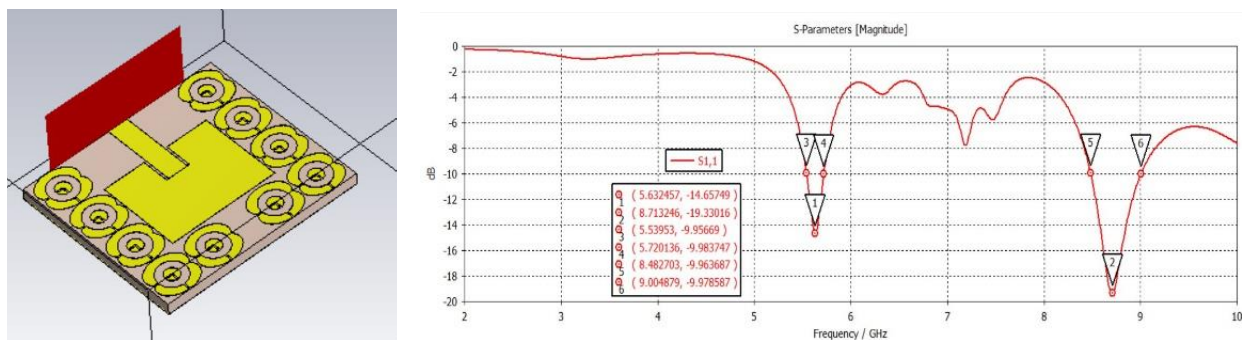


Рис. 3. Патч-антенна с добавлением метаструктуры с иным расположением метаячеек с частотной зависимостью коэффициента отражения

При помощи метаматериалов удалось получить усиление резонанса на целевой частоте, также была изменена частота работы патч-антенны.

Библиографический список

1. Котенко, Я. Р. Разработка широкополосного поглотителя на основе метаматериалов / Я. Р. Котенко, Н. С. Кутырев, В. А. Мухачев // Наука, техника, промышленное производство: история, современное состояние, перспективы : материалы региональной науч.-практ. конф. студентов и аспирантов. – 2025. – С. 371 – 373.
2. Стаценко, Л. Г. Влияние геометрических размеров включений из цветных металлов на резонансные свойства устройств СВЧ / Л. Г. Стаценко, О. А. Пуговкина // Цветные металлы. – 2015. – № 12. – С. 67 – 71.
3. Стаценко, Л. Г. Использование цветных металлов в конструкции СВЧ-фильтров / Л. Г. Стаценко, О. А. Пуговкина // Цветные металлы. – 2017. – № 4. – С. 76 – 80.

РЕАЛИЗАЦИЯ ОПЕРАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО УСРЕДНЕНИЯ В ЦИФРОВЫХ АВТОКОМПЕНСАТОРАХ ПОМЕХ

Д. А. Лагутин, Д. А. Чистилин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: resbn@mail.ru)

Одним из способов повышения помехозащищенности РЛС является применение устройств цифровой компенсации помех [1]. Для исследования возможностей практической реализации алгоритмов цифровой компенсации помех рассмотрим цифровой автокомпенсатор (ЦАК).

Одной из основных операций при реализации алгоритмов цифровой компенсации помех является операция математического усреднения [2, 3]. Для реализации данной операции можно использовать четыре различных способа:

- способ «групповое окно» с обнулением (ГОС);
- способ «групповое окно» без обнуления (ГОб);
- способ «скользящее окно» с обнулением (СОС);
- способ «скользящее окно» без обнуления (СОБ).

ГОС – это способ обработки, при котором весовой коэффициент образуется посредством выполнения арифметических операций из N отсчетов входного сигнала основного и компенсационного каналов. Этот весовой коэффициент используется для определения N выходных сигналов ЦАК, используя при этом N участвующих в его формировании отсчетов входных сигналов. Следующие N отсчетов входных сигналов используются для формирования нового весового коэффициента и новых N отсчетов выходных сигналов ЦАК.

Отличие ГОб от способа ГОС заключается в том, что при формировании второго и последующих весовых коэффициентов используется информация о всех ранее вычисленных значениях весовых коэффициентов, другими словами, операция математического усреднения для первого, второго, третьего и т.д. весовых коэффициентов выполняется по N , $2N$, $3N$ и т.д. отсчетам входных сигналов.

СОС – это способ обработки, при котором вычисления для каждого отсчета выходного сигнала используется свое значение весового коэффициента. Первое значение весового коэффициента образуется посредством выполнения арифметических операций из первых N отсчетов входного сигнала основного и компенсационного каналов. Для вычисления второго значения весового коэффициента используются отсчеты входного сигнала по $N + 1$. Для вычисления третьего значения весового коэффициента используются отсчеты входного сигнала по $N + 2$. Далее процесс вычислений аналогичен.

Отличие СОБ от способа СОС заключается в том, что при формировании второго, третьего и последующих значений весовых коэффициентов происходит усреднение соответственно по $N + 1$, $N + 2$ и т.д. отсчетам входных сигналов.

Для анализа работоспособности алгоритмов цифровой компенсации помех было проведено моделирование работы устройства, описанного в [3],

для различных способов реализации операции математического усреднения. Результаты данного моделирования получены на основе статистической обработки по тридцати случайным реализациям помеховых сигналов. В качестве модели помехи и внутреннего шума использовался дискретный гауссовский шум с заданными дисперсиями.

Анализ полученных данных показывает, что более предпочтительным во всех рассмотренных ситуациях, с точки зрения подавления помех, является алгоритм «групповое окно» с обнулением. При этом количество отсчетов входных сигналов N , используемых для формирования весовых коэффициентов и обеспечивающих заданное качество подавления помех, будет различным. Так, увеличение числа N с 2 до 64 обеспечивает при реализации способа ГОС увеличение коэффициента подавления помехи на 3 дБ.

Библиографический список

1. Уидроу, Б. Адаптивная обработка сигналов / Б. Уидроу, С. Стернз ; пер. с англ. – М. : Радио и связь, 1989.
2. Рыжков, А. П. Исключение сигнала из каналов адаптации устройств компенсации помех, принимаемых по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны РЛС / А. П. Рыжков, И. А. Скобеев // Совершенствование наземного обеспечения авиации (СНОА-2006) : V Всерос. науч.-практ. конф. – Воронеж : ВВВАИУ (ВИ), 2006.
3. Пат. 2308048 Российская Федерация, МКИ G 01 S 9/42. Устройство компенсации помех / Рыжков А. П., Скобеев И. А. ; заявитель и патентообладатель Тамбовское ВВАИУ. – № 2006101368109 ; заявл. 20.05.06 ; опубл. 10.10.07, Бюл. № 28. – 7 с.

ПРОБЛЕМАТИКА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В ПРОМЫШЛЕННОМ «ИНТЕРНЕТЕ ВЕЩЕЙ»

А. А. Карпунин

Московский государственный технический университет
имени Н. Э. Баумана, Москва, Россия
(e-mail: AlexK811@yandex.r)

Промышленный «Интернет вещей» (датчики, исполнительные механизмы, веб-приложения и системы управления) генерирует огромный объем и разнообразие данных [1, 2]. Объем и разнообразие являются характеристиками больших данных (Big Data) [3, 4]. Данные используются для разработки, обучения и тестирования модели машинного обучения. Фреймворки машинного обучения помогают в разработке модели машинного обучения. Алгоритмы машинного обучения (классификация, кластеризация, двоичная классификация и др.), которые наилучшим образом соответствуют данным промышленного «интернета вещей», составляют основу модели машинного обучения.

Рассмотрим методику разработки нейронной сети на базе фреймворка TensorFlow (<https://www.tensorflow.org/>) (рис. 1).

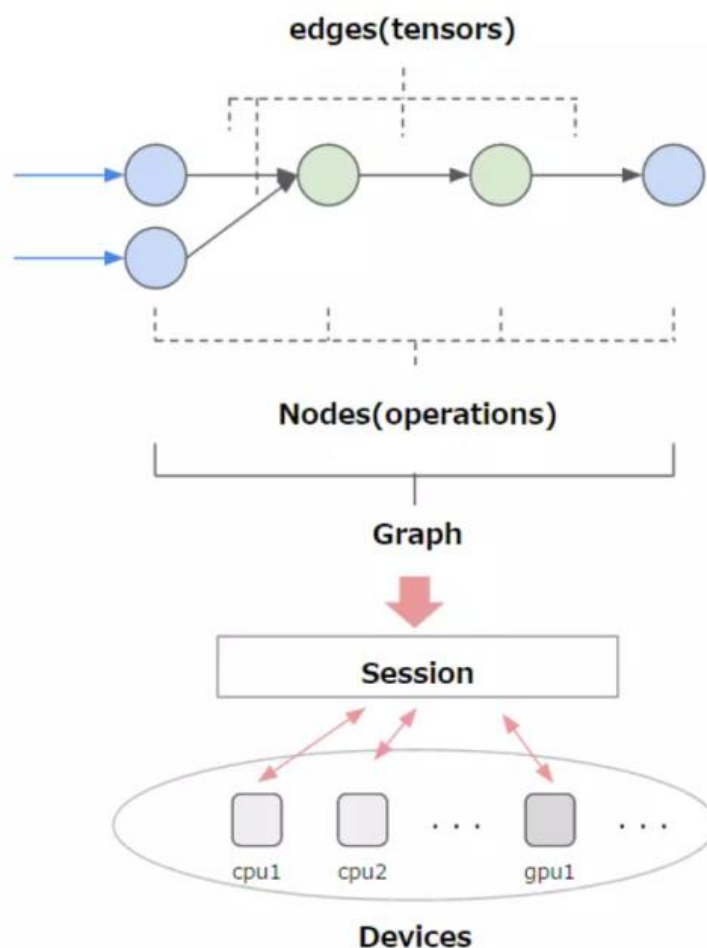


Рис. 1. Архитектура TensorFlow

Обучение будет происходить без учителя, по заранее подготовленным массивам данных. Цель обучения – распознать движения рук. В качестве платформы IoT мы будем использовать Android Things (<https://arstechnica.com/gadgets/2018/05/android-things-hits-version-1-0-with-centralized-google-update-system/>). Для примера создадим «базу знаний» с четырьмя различными категориями изображений. Для каждой из категорий используем по 40 различных изображений и укажем количество шагов обучения 3000.

Из рисунка 1 следует, что граф обучения состоит из тензоров, взаимодействующих друг с другом по определенным операциям. А сессии – этапы обучения, использующие ресурсы CPU и GPU для обучения спроектированной нейросети.

На основе анализе основных фреймворков и библиотек для машинного обучения с открытым исходным кодом можно подобрать тот или иной инструмент, наиболее подходящий для конкретной задачи или же использовать универсальные решения, представленные на примере самых популярных фреймворков, таких как Tensorflow и PyTorch.

Можно констатировать, что лучшие результаты из рассмотренных библиотек показала библиотека Tensorflow для языка программирования Python. Она имеет самый широкий функционал, проста в использовании и подключении. Python является одним из распространенных языков в области анализа данных и машинного обучения (пакеты scipy, scikit-learn, pandas, numpy и др.).

Библиографический список

1. Industry 4.0 Visual Tools for Digital Twin System Design / V. A. Shakhnov, A. E. Kurnosenko, A. A. Demin, A. I. Vlasov // Software Engineering Perspectives in Intelligent Systems. Proceedings of 4th Computational Methods in Systems and Software. – 2020. – V. 2. – P. 864 – 875.
2. Project Oriented Approach in Educational Robotics: from Robotic Competition to Practical Appliance / A. Yudin, M. Kolesnikov, A. Vlasov, M. Salmina // Advances in Intelligent Systems and Computing. – 2017. – V. 457. – P. 83 – 94.
3. Prudius, A. A. Analysis of Machine Learning Methods to Improve Efficiency of Big Data Processing in Industry 4.0 / A. A. Prudius, A. A. Karpunin, A. I. Vlasov // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – V. 1333, No. 032065.
4. Карпунин, А. А. Обработка данных с распределенным реестром в концепции «Индустрия 4.0» / А. А. Карпунин, А. И. Власов // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы V Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – Тамбов, 2018. – С. 120–121.

ЭКСПЕРТНЫЕ МЕТОДЫ В ДИАГНОСТИКЕ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

В. В. Леонидов

Московский государственный технический университет
имени Н. Э. Баумана, Москва, Россия
(e-mail: vladimir@leonidov.su)

Экспертные системы в области диагностики радиоэлектронной аппаратуры представляют собой мощные инструменты для диагностики, тестирования и обеспечения эффективной эксплуатации электронных устройств. Ставя задачу по внедрению экспертных методов в процессы диагностирования и функционального контроля электронных средств, следует учитывать ряд положений и требований.

Экспертные системы используют базу знаний, содержащую правила о том, какие симптомы указывают на определенные неисправности. На основе введенных данных о состоянии системы, экспертная система может определить возможную причину неисправности и предложить соответствующие рекомендации по ее устранению.

Использование машинного обучения для анализа больших объемов данных о состоянии устройств и выявления закономерностей между симптомами и неисправностями позволяет создавать более точные и эффективные модели диагностики.

Экспертная система может использовать эвристические подходы, основанные на опыте экспертов, для выявления неисправностей, что позволяет

системе принимать решения на основе логических рассуждений и знаний экспертов.

Подходы к построению экспертных систем включают следующие аспекты (рис. 1.) [1, 2]:

- генерация тестовых сценариев: экспертная система может автоматически генерировать тестовые сценарии на основе спецификаций и требований к устройству, она использует знания о функциональности и особенностях тестируемой системы для создания полного и разнообразного набора тестов;
- анализ результатов тестирования: после проведения тестов система анализирует полученные результаты и выявляет ошибки или несоответствия требованиям, она может также автоматически генерировать отчеты о выполненном тестировании и предлагать рекомендации по устранению обнаруженных проблем;
- формирование тестовых процедур: экспертная система может оптимизировать тестовые процедуры, например, путем идентификации наиболее рискованных и критически важных компонентов системы для тестирования.



Рис. 1. Классификация экспертных систем

Рассматривая подходы к построению экспертных систем для контроля за эксплуатацией готовых изделий, необходимо учитывать следующие положения и ограничения:

- мониторинг и анализ данных: экспертная система может непрерывно контролировать работу устройств и собирать данные о их состоянии и производительности, после анализа этих данных система может предсказывать возможные проблемы и предлагать рекомендации по их предотвращению;

- автоматизация процессов управления: экспертная система может автоматизировать процессы управления радиоэлектронной аппаратурой, например, путем улучшения работы систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха или автоматического контроля энергопотребления;
- экспертная система может использовать данные о работе устройств для прогнозирования будущих состояний и улучшения их работы.

Библиографический список

1. Власов, А. И. Информационно-управляющие системы для производителей электроники / А. И. Власов, А. Е. Михненко // Производство электроники. – 2006. – № 3. – С. 15 – 21.
2. Аверьянихин, А. Е. Концепция управления тестовыми средами в условиях синхронных технологий проектирования / А. Е. Аверьянихин, А. И. Власов, А. Ю. Малеваный // Надежность и качество : тр. Междунар. симпозиума. – 2019. – Т. 2. – С. 135 – 142.

ПРИНЦИПЫ ВЫБОРА ПЛАТФОРМ ВИРТУАЛИЗАЦИИ

К. А. Муравьев

Московский государственный технический университет
имени Н. Э. Баумана, Москва, Россия
(e-mail: kostiktakaya@gmail.com)

В условиях сложной геополитической обстановки и связанных с ней ограничений на использование зарубежного программного обеспечения российские организации сталкиваются с необходимостью переосмысления своей ИТ-инфраструктуры [1, 2]. Одним из ключевых направлений становится импортозамещение платформ виртуализации, особенно в контексте инфраструктур виртуальных рабочих столов VDI (Virtual Desktop Infrastructure), где надежность, масштабируемость и безопасность решений имеют первостепенное значение.

Безопасность – критический аспект при использовании виртуализации, особенно в VDI, где множество пользователей работают в одной инфраструктуре.

Выбор платформы – всегда компромисс между функциональностью, затратами, квалификацией команды и требованиями конкретной организации. Не существует универсального решения: то, что подходит для коммерческой компании, может быть неприемлемо для госучреждения.

Ключ к успеху – правильно расставленные приоритеты: где-то важна простота и скорость внедрения (Proxmox, <https://www.proxmox.com/>), где-то соответствие стандартам (zVirt, <https://www.orionsoft.ru/zvirt>), а где-то масштабируемость и гибкость (OpenStack, <https://www.openstack.org/>).

Одним из ключевых компонентов любой виртуализированной среды, особенно при построении VDI, является система хранения данных (СХД).

Эффективность, надежность и масштабируемость хранилищ напрямую влияют на производительность виртуальных машин, скорость загрузки рабочих столов и общее время отклика всей ИТ-инфраструктуры.

Дополнительно важным фактором является поддержка тонкого выделения ресурсов (ThinProvisioning). Это технология, позволяющая создавать виртуальные диски с логическим объемом, превышающим фактически выделенное место на физическом носителе. Такой подход снижает первоначальные затраты на хранилище и позволяет более гибко управлять ростом данных.

Каждая платформа виртуализации реализует эти возможности по-разному:

- Proxmox VE интегрирован с Ceph и ZFS, что дает гибкость и устойчивость к отказам;
- zVirt поддерживает ключевые типы СХД, но с определенными ограничениями в реализации тонкого выделения;
- OpenStack предлагает мощные возможности SDS и масштабируемые распределенные хранилища, однако требует квалифицированной настройки.

Таким образом, каждая из сред виртуализации обладает индивидуальными сильными и слабыми сторонами.

zVirt – надежная российская платформа, соответствующая национальным стандартам и требованиям безопасности.

OpenStack – мощное и гибкое решение для построения облачных инфраструктур крупного масштаба. Отличается широкими возможностями кастомизации, высокой масштабируемостью и интеграцией с другими современными технологиями, но требует значительных ресурсов для поддержки.

Proxmox VE – практичный выбор для малого и среднего бизнеса, сочетающий в себе простоту использования, стабильность и поддержку как виртуальных машин, так и контейнеров, с возможностью кластеризации и резервного копирования.

Библиографический список

1. Аверьянихин, А. Е. Методика расчета оптимального числа узлов кластера виртуализации частного облака виртуальных рабочих столов по критерию эффективности / А. Е. Аверьянихин, А. В. Котельницкий, К. А. Муравьев. – 2016.

2. Industry 4.0 visual tools for digital twin system design / V. A. Shakhnov, A. E. Kurnosenko, A. A. Demin, A. I. Vlasov // Software Engineering Perspectives in Intelligent Systems. Proceedings of 4th Computational Methods in Systems and Software. – 2020. – V. 2. – P. 864 – 875.

ОБЗОР РАЗРАБОТКИ И ПРОИЗВОДСТВА ЛЕТАЮЩИХ БЕСПИЛОТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

А. В. Архипова

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: Asay1710@yandex.ru)

В последнее время широкое распространение получили летающие беспилотные транспортные средства. Разработкой и производством таких средств активно занимаются по всему миру. Сведения о разработанных беспилотных летающих транспортных средствах, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Страна	Название беспилотного устройства	Год выпуска
Китай	EHang EH216-S	2023
США; штат Вермонт	Alia Beta Technologies	(2025)
США	Bell V-22 Osprey	1989
Япония	SkyDrive SD-03	2020
Лихтенштейн	DCL Big Drone	2020
Россия	Аэротакси S-700	—
США	Airbus Vahana	Проект завершен в 2019. Не был выпущен в серийное производство
США, Новая Зеландия	Kitty Hawk Cora	2018
Германия	Volocopter VC200	2013
Германия	Lilium Jet	2019
США	Rolls-Royce M250	2021
Россия	Bartini Flying Car	—

Проведенный анализ показал, что испытываемые и проектируемые беспилотные транспортные средства будут решать несколько задач:

- перевозку пассажиров внутри больших городов, выполняя роль такси. В этом случае, скорее всего, в качестве площадок будут использоваться крыши небоскребов. Взлетно-посадочная площадка будет состоять из системы конвейерных лент, устройств для замены батарей и лифтов для пассажиров. Пассажиропоток может составлять до 10 тысяч пассажиров в день;
- перевозка пассажиров между городами;
- осуществление экскурсионных полетов по заранее проложенному маршруту.

Тактико-технические характеристики разработанных летающих беспилотных транспортных средств приведены в табл. 2.

Таблица 2

Беспилотное устройство	Тип двигателя/время зарядки	Дальность полета	Скорость полета	Время полета
EHang EH216-S	Бесщеточный электрический мотор постоянного тока (BLDC) / 120 мин	30 км	100...130 км/ч	25...50 мин
Alia Beta Technologies	Электрическая двигательная установка, работает от литиевых батарей высокой плотности / 50 мин	160...402 км	222 км/ч	88 мин
SkyDrive SD-03	Состоит из восьми электромоторов	На высоте до 2 км	250 км/ч	10 мин
DCL Big Drone	Бесщеточный двигатель Big Drone X4214 380 кВ / 45 мин	На высоте 10 м	140 км/ч	5...10 мин
Аэротакси S-700	Электрическая силовая установка с несущими винтами	30 км	100 км/ч	20 мин
Airbus Vahana	Восемь электрических двигателей мощностью 45 кВт	50...100 км	190...220 км/ч	10...11 мин
Kitty Hawk Cora	12 электромоторов для вертикального взлета и посадки один электромотор с толкающим винтом для движения вперед	100 км	180 км/ч	—
Volocopter VC200	18 электрических двигателей / 120 мин	35 км	100 км/ч	20 мин
Lilium Jet	36 электродвигателей: по шесть на каждом из двух передних оперений и по двенадцать на каждом заднем крыле / 45 мин	300 км	280...300 км/ч	До 1 ч
Rolls-Royce M250	Турбовальный двигатель для легких вертолетов и других летательных аппаратов	800 км	250 км/ч	20 мин
Bartini Flying Car	Оснащен восьми электрическими двигателями, может работать на литиевых батареях или водородных топливных элементах / до 4 ч	Литиевые батареи: 150 км Водородные топливные элементы: 550 км	200 км/ч	Литиевые батареи: 30 мин Водородные топливные элементы: 2 ч

Библиографический список

1. ТЗ38 Теория вероятностей : учебное пособие / В. К. Барышева, Ю. И. Галанов, Е. Т. Ивлев, Е. Г. Пахомова. – Томск : Изд-во ТПУ, 2004. – 136 с.
2. Системы адаптивного управления летательными аппаратами / А. С. Новоселов, В. Е. Болнокин, П. И. Чинаев, А. Н. Юрьев. – М. : Машиностроение, 1987. – 280 с.

ОПТИМАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ В ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ АППАРАТУРЫ ПРИЕМА СИГНАЛОВ СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

А. А. Иванов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: andreyivanov6898@yandex.ru)

Для определения пространственно-временного положения потребителя и его вектора скорости в аппаратуре приема (АП) сигналов спутниковых радионавигационных систем (СРНС) используются методы оценивания случайных процессов. АП решает задачи:

- задачу фильтрации радионавигационных параметров (задержки и доплеровского сдвига частоты);
- задачу вычисления времени, пространственных координат местоположения и вектора скорости подвижного объекта по оцененным радионавигационным параметрам.

Аппаратура приема сигналов СРНС работает в двух режимах: режиме поиска сигнала и в режиме слежения. В режиме слежения за задержкой и фазой радиосигнала навигационного космического аппарата (НКА) проводится точная оценка этих параметров. Задача фильтрации осуществляется методами марковской теории оптимального оценивания. Оптимальные оценки задержки и фазы радиосигнала формируются двумя независимыми каналами: каналом оценивания задержки по сигналам временного дискриминатора и каналом оценивания фазы по сигналам фазового дискриминатора. Реализация радиосигнала на входе АП сигналов СРНС от i -го НКА представляет собой аддитивную смесь полезного сигнала $S(t)$ и помехи $n(t)$ [1]

$$y_i(t) = S_i(t) + n_i(t), \quad i = \overline{1, N}. \quad (1)$$

Полезный сигнал имеет вид

$$S_i(t) = A_i h_i(t - \tau_i) \cos[(\omega_0 + 2\pi f_{\text{доп}i})t + \varphi_i], \quad (2)$$

где A_i – случайная амплитуда сигнала; $h_i(t - \tau_i)$ – модулирующая функция, обусловленная модуляцией дальномерным кодом и передачей навигационного сообщения; φ_i – случайная начальная фаза сигнала. Для сигнала (1) каждого НКА выбирается свой канал обработки. Обработка в каждом канале одинаковая, поэтому индекс i далее опускаем и рассматриваем обработку в одном канале. В качестве оптимальных оценок берут оценки максимального правдоподобия

$$\hat{\lambda} = \max_{\lambda}^{-1} p[Y_0^T | \lambda], \quad (3)$$

где $p[Y_0^T | \lambda]$ – условная плотность вероятности на наблюдаемой на интервале $[0, T]$ реализации сигнал $Y_0^T = \{y(t), t \in [0, T]\}$ при заданных значениях вектора оцениваемых параметров λ .

Вектор оцениваемых параметров включает задержку и доплеровский сдвиг частоты $\lambda = [\tau \ f_{\text{доп}}]^T$. Условная плотность вероятности, кроме вектора оцениваемых параметров, также зависит от случайной амплитуды сигнала и случайной начальной фазы $p[Y_0^T | \lambda, A, \varphi]$, которые являются неинформационными. Для исключения их влияния на оцениваемый вектор параметров производят осреднение условной плотности вероятности $p[Y_0^T | \lambda, A, \varphi]$ по случайной амплитуде и фазе. После осреднения для определения оценок задержки и доплеровского сдвига частоты (фазы) $\hat{\lambda} = [\hat{\tau} \ \hat{f}_{\text{доп}}]$ используют достаточную статистику $X^2[T, \lambda]$. Оценка вектора параметров определяется из уравнения

$$\hat{\lambda} = \max_{\lambda}^{-1} X^2[T, \lambda]. \quad (4)$$

Входящая в уравнение (4) функция $X^2[T, \lambda]$ имеет вид:

$$X^2[T, \lambda] = I^2(T, \lambda) + Q^2(T, \lambda), \quad (5)$$

где $I(T, \lambda) = \int_0^T y(t)h(t - \tau)\cos[(\omega_0 + 2\pi f_{\text{доп}})t]dt$ и

$$Q(T, \lambda) = \int_0^T y(t)h(t - \tau)\sin[(\omega_0 + 2\pi f_{\text{доп}})t]dt \quad - \quad \text{синфазная и квадратурная}$$

составляющие. Синфазная и квадратурная составляющие представляют собой логарифмы функционалов правдоподобия $\Phi_I(T, \lambda) = I(T, \lambda)$ и $\Phi_Q(T, \lambda) = Q(T, \lambda)$, которые можно представить в виде сигнальной и шумовой функций

$$\begin{aligned} \Phi_{S_I}(T, \lambda) &= \int_0^T S(t)h(t - \tau)\cos[(\omega_0 + 2\pi f_{\text{доп}})t]dt, \\ \Phi_{n_I}(T, \lambda) &= \int_0^T n(t)h(t - \tau)\cos[(\omega_0 + 2\pi f_{\text{доп}})t]dt; \\ \Phi_{S_Q}(T, \lambda) &= \int_0^T S(t)h(t - \tau)\sin[(\omega_0 + 2\pi f_{\text{доп}})t]dt, \\ \Phi_{n_Q}(T, \lambda) &= \int_0^T n(t)h(t - \tau)\sin[(\omega_0 + 2\pi f_{\text{доп}})t]dt. \end{aligned}$$

Основная причина возникновения аномальных измерений – превышение значений шумовой функций значений сигнальной функции из-за малого отношением сигнал–шум на входе АП сигналов СРНС [2].

Библиографический список

1. Иванов, А. В. Обработка сигналов спутниковых радионавигационных систем в бортовом навигационно-посадочном комплексе / А. В. Иванов // Радиотехника. – 2001. – № 10. – С. 29 – 36.
2. Adaptive Algorithms for Information Processing in Navigation Complexes of Mobile Ground Objects / A. V. Ivanov, V. Yu. Shishkin, D. V. Boikov, et al. // Journal of Communications Technology and Electronics – 2021. – No. 8(66). – P. 926 – 937.

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ПСЕВДОДАЛЬНОСТИ В АППАРАТУРЕ ПРИЕМА СИГНАЛОВ СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

А. А. Иванов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: andreyivanov6898@yandex.ru)

Для приема сигналов спутниковых радионавигационных систем (СРНС) используется аппаратура приема (АП). АП, как правило, является совмещенной, многоканальной и позволяет принимать сигналы СРНС ГЛОНАСС, NAVSTAR (GPS), Галилео (Galileo), Бэйдоу (BeiDou). Для определения пространственно-временного положения потребителя и его вектора скорости используются методы оценивания случайных процессов в силу того, что все входные сигналы являются случайными функциями времени [1, 2]. На этапе слежения за псевдозадержкой и фазой радиосигнала навигационного космического аппарата (НКА) проводится точная оценка этих параметров. Формирование оценок осуществляется с помощью следящих систем, обобщенная схема которой имеет вид (рис. 1).

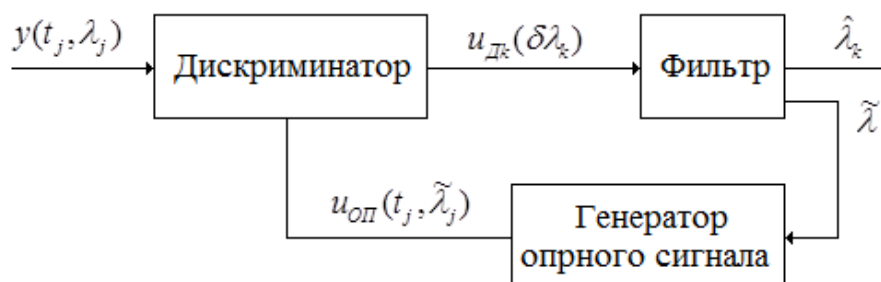


Рис. 1. Обобщенная схема следящей системы:

$y(t_j, \lambda_j)$ – отсчеты входного сигнала на выходе АЦП приемника;

$u_{оп}(t_j, \tilde{\lambda}_j)$ – опорный сигнал, сформированный для экстраполированного значения $\tilde{\lambda}$

оцениваемого параметра; $u_{Дк}(\delta\lambda_k)$ – сигнал на выходе дискриминатора пропорциональный

рассогласованию $\delta\lambda_k = \lambda_k - \tilde{\lambda}_k$ между значениями во входном сигнале и опорном;

$\tilde{\lambda}_k$ – оценка параметра; $\tilde{\lambda}$ – экстраполированная оценка

Структура фильтра (рис. 1) будет зависеть от вида математической модели, которая задает изменение параметра во времени. Для описания изменения псевдодальности между потребителем и НКА используем математическую модель в виде системы дифференциальных уравнений второго порядка:

$$\frac{dD(t)}{dt} = V(t); \quad \frac{dV(t)}{dt} = \sigma_V n_V(t), \quad (1)$$

где $D(t)$ – псевдодальность; $V(t)$ – скорость изменения псевдодальности до НКА; σ_V – среднеквадратическое значение шума; $n_V(t)$ – белый гауссовский шум с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией.

В векторно-матричном виде система уравнений (1) имеет вид

$$d\mathbf{X}(t)/dt = \mathbf{F}\mathbf{X}(t) + \mathbf{G}\mathbf{N}_x(t), \quad (2)$$

где $\mathbf{X}(t) = [D(t), V(t)]^T$ – вектор состояния; $\mathbf{F}$ – матрица связи размером (2×2) с ненулевыми элементами $f_{12} = 1$; $\mathbf{G}$ – матрица шумов размером (2×2) с ненулевым элементом $g_{22} = \sigma_V$; $\mathbf{N}_x(t) = [0, n_V(t)]^T$ – вектор стандартных белых гауссовских шумов. Уравнению (2) соответствует разностное векторно-матричное стохастическое уравнение

$$\mathbf{X}(t_{k+1}) = \Phi_{xx}(t_{k+1}, t_k) \mathbf{X}(t_k) + \Gamma_{xx}(t_{k+1}, t_k) \mathbf{N}_x(t_k). \quad (3)$$

Матрица $\mathbf{F}$ не зависит от времени, поэтому матрицу перехода $\Phi_{xx}(T)$, $T = (t_{k+1} - t_k)$, найдем на основе обратного преобразования Лапласа

$$\Phi_{xx}(T) = L^{-1}\{[p\mathbf{I} - \mathbf{F}]^{-1}\}. \quad (4)$$

Подставив в (4) значения матриц, получим: $\Phi_{xx}(T) = \begin{bmatrix} 1 & T \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$.

$\Gamma_{xx}(T)$ есть нижняя треугольная матрица, определяемая из уравнения

$$\Gamma_{xx}(T) \Gamma_{xx}^T(T) = \int_0^T \Phi_{xx}(\tau) \mathbf{G} \mathbf{G}^T \Phi_{xx}^T(\tau) d\tau.$$

Подставляя значения матриц, получим: $\Gamma_{xx}(T) \Gamma_{xx}^T(T) = \sigma_V^2 \begin{bmatrix} T^3/3 & T^2/2 \\ T^2/2 & T \end{bmatrix}$.

Элементы нижней треугольной матрицы $\Gamma_{xx}(T)$ найдем из уравнения

$$\Gamma_{ik} = \left(d_{ik} - \sum_{j=1}^{k-1} \Gamma_{ij} \Gamma_{kj} \right) / \Gamma_{kk}, \quad i \geq k, \quad k = 1, 2.$$

Проделав вычисления, получим элементы матрицы $\Gamma_{xx}(T)$

$$\Gamma_{xx_{11}} = \sigma_V \sqrt{T^3}/\sqrt{3}, \quad \Gamma_{xx_{12}} = 0, \quad \Gamma_{xx_{21}} = \sigma_V T \sqrt{3}/(2\sqrt{T}), \quad \Gamma_{xx_{22}} = \sigma_V \sqrt{T}/2.$$

Уравнение (3) с полученными матрицами позволяет разработать структуру фильтра следящей системы.

Библиографический список

1. Иванов, А. В. Обработка сигналов спутниковых радионавигационных систем в бортовом навигационно-посадочном комплексе / А. В. Иванов // Радиотехника. – 2001. – № 10. – С. 29 – 36.
2. Иванов, А. В. Совместное многоальтернативное обнаружение и оценивание сигналов спутниковых радионавигационных систем / А. В. Иванов // Радиотехника. – 2004. – № 7. – С. 29 – 36.

БЕСПЛАТФОРМЕННЫЕ ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ С ГИРОБЛОКОМ НА ОСНОВЕ СВОБОДНЫХ ГИРОСКОПОВ

А. В. Иванов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: Aleksandr-ivanov68@yandex.ru)

В бесплатформенных инерциальных навигационных системах (БИНС) блоки акселерометров и гироскопов разделены. В этих системах акселерометры устанавливаются непосредственно на объекте. Их задача – измерять вектор кажущегося ускорения. Задача гироскопического блока – реализовать на борту инерциальную систему отсчета. Эта задача может решаться двумя вариантами. В первом варианте с помощью свободных гироскопов, во втором варианте с помощью гироскопических измерителей угловой скорости.

Рассмотрим первый вариант. Для вывода соотношений, показывающих работу БИНС, считаем, что один из гироскопов направлен по оси Мира, а другой – в точку весеннего равноденствия. В таком случае эти гироскопы реализуют на борту объекта систему координат $0XYZ$, которая не вращается в инерциальном пространстве.

Свяжем с осями объекта систему координат $0X_1Y_1Z_1$, которую расположим в центре масс объекта. Ось $0X_1$ направим вдоль продольной оси объекта по направлению движения, ось $0Z_1$ по местной вертикали, а ось $0Y_1$ в сторону левого борта. От системы координат $0XYZ$ тремя поворотами на углы α , β и γ можно перейти к системе координат $0X_1Y_1Z_1$. Углы α , β и γ представляют собой реальные углы поворота соответствующих осей подвеса: α – это угол поворота гироблока относительно внутренней рамки, β – угол поворота внешней рамки относительно следящей рамки, а γ – угол поворота следящей рамки относительно корпуса объекта. Указанные углы измеряются датчиками углов. Переход от системы $0X_1Y_1Z_1$ к системе $0XYZ$ определяется выражением

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = U \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где U – матрица направляющих косинусов, имеющая вид

$$U = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & u_{13} \\ u_{21} & u_{22} & u_{23} \\ u_{31} & u_{32} & u_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \alpha \cos \beta & -\sin \alpha \cos \gamma + \cos \alpha \sin \beta \sin \gamma & \sin \alpha \sin \gamma + \cos \alpha \sin \beta \cos \gamma \\ \sin \alpha \cos \beta & \cos \alpha \cos \gamma + \sin \alpha \sin \beta \sin \gamma & -\cos \alpha \sin \gamma + \sin \alpha \sin \beta \cos \gamma \\ -\sin \beta & \cos \beta \sin \gamma & \cos \beta \cos \gamma \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Блок акселерометров жестко связан с осями объекта. Проектируя вектор $\overline{a(t)}$ с блока акселерометров на оси XYZ получим величины $a_X(t)$, $a_Y(t)$ и $a_Z(t)$ проекций вектора $\overline{a(t)}$ на указанные оси:

$$\begin{aligned} a_X &= u_{11}a_{X1} + u_{12}a_{Y1} + u_{13}a_{Z1}; \\ a_Y &= u_{21}a_{X1} + u_{22}a_{Y1} + u_{23}a_{Z1}; \\ a_Z &= u_{31}a_{X1} + u_{32}a_{Y1} + u_{33}a_{Z1}. \end{aligned} \quad (3)$$

Координаты местоположения объекта относительно инерциальной системы координат связаны с ускорениями соотношениями:

$$\begin{aligned} \ddot{X} &= a_X + g_X; \\ \ddot{Y} &= a_Y + g_Y; \\ \ddot{Z} &= a_Z + g_Z, \end{aligned} \quad (4)$$

где g_X , g_Y и g_Z проекции вектора $\overline{g}$ интенсивности гравитационного поля на оси XYZ .

Система дифференциальных уравнений (3) должна решаться с начальными условиями $X_0 = R_0 \cos \varphi_0 \cos \lambda_0$, $Y_0 = R_0 \cos \varphi_0 \sin \lambda_0$, $Z_0 = R_0 \sin \varphi_0$, где φ_0 , λ_0 , R_0 начальные координаты объекта в геоцентрической системе координат. Для определения геоцентрических координат необходимо воспользоваться соотношениями [1]:

$$R = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}, \quad \varphi = \arctg \frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2}}, \quad \lambda = \arctg \frac{Y}{X} - S_{\text{гр}}, \quad (5)$$

где $S_{\text{гр}}$ – гринвичское звездное время.

Выражения (2) – (5) позволяют вычислять текущие координаты объекта. Структурная схема инерциального модуля на основе БИНС, в которой используется гироблок на основе свободных гироскопов, представлена на рис. 1.

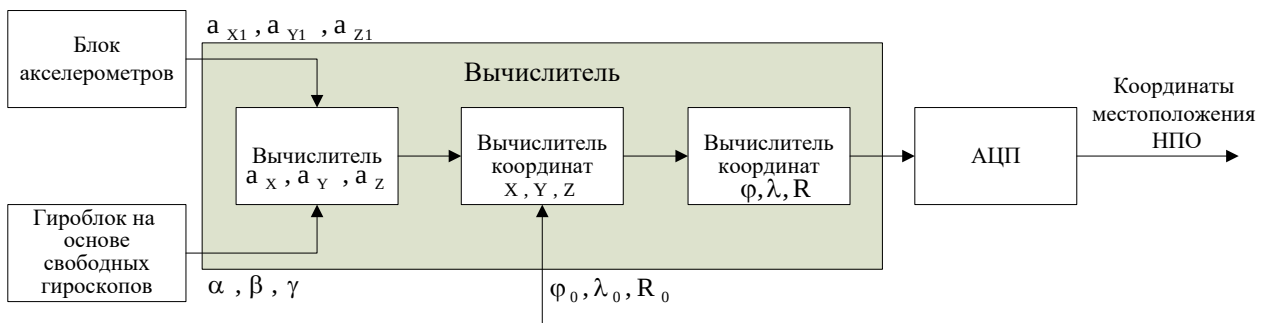


Рис. 1

Для выдачи информации в цифровом виде используется АЦП, которой может также входить и в состав вычислителя.

Библиографический список

1. Бабич, О. А. Обработка информации в навигационных комплексах / О. А. Бабич. – М. : Машиностроение, 1991. – 512 с.

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫСОТЫ ПОЛЕТА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА ОСНОВЕ НЕРАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ

Н. А. Лежнева

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: nataliya.lezhneva@wunder.haus)

Летающие беспилотные транспортные средства (БТС) и летательные аппараты (ЛА) для обеспечения захода на посадку и высадку должны оснащаться информационно-измерительными системами, обеспечивающими решение данных задач. Обычно в состав систем включают радиотехнические измерители: аппаратуру приема (АП) сигналов глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и радиовысотомер (РВ), а также нерадиотехнические измерители: инерциальную навигационную систему (ИНС) и барометрический высотомер (БВ) [1]. Применение в составе информационно-измерительной системы радиотехнических измерителей приводит к ряду проблем:

- возникновение на выходе АП сигналов ГНСС в любой момент времени случайных аномальных измерений. Причина – прием радиосигналов, имеющих малое отношение сигнал–шум;
- возникновение на выходе радиовысотомера аномальных измерений. Причина – влияние подстилающей поверхности и уровня внутренних шумов, а также нестабильность генератора передатчика.

Это приводит к большим ошибкам определения координат.

Разработана информационно-измерительная система, обеспечивающая выявление и исключение из обработки аномальных измерений на выходе АП сигналов ГНСС и РВ [2, 3]. В случае появления одновременно аномальных измерений на выходе АП сигналов ГНСС и РВ информационно-измерительная система будет работать по измерениям ИНС и БВ. Для этого случая методами марковской теории оптимального оценивания случайных процессов [1 – 3] синтезированы оптимальные алгоритмы обработки информации. На основе полученных алгоритмов разработана структурная схема обработки информации (рис. 1). В состав структурной схемы обработки информации входят сумматоры, усилители и линии задержки. В дискретные моменты времени t_{k+1} на схему обработки поступают измеренные значения высоты $H_{\text{ОТН}}^{\text{БВ}}(t_{k+1})$ от БВ и вертикального ускорения $a_Z^{\text{ИНС}}(t_{k+1})$ от ИНС. Предполагается, что преобразование

информации в цифру выполняется в самих измерителях. На выходе схемы обработки вектор состояния $\mathbf{X}^*(t_{k+1})$ включает оптимальные оценки высоты и вертикальной скорости.

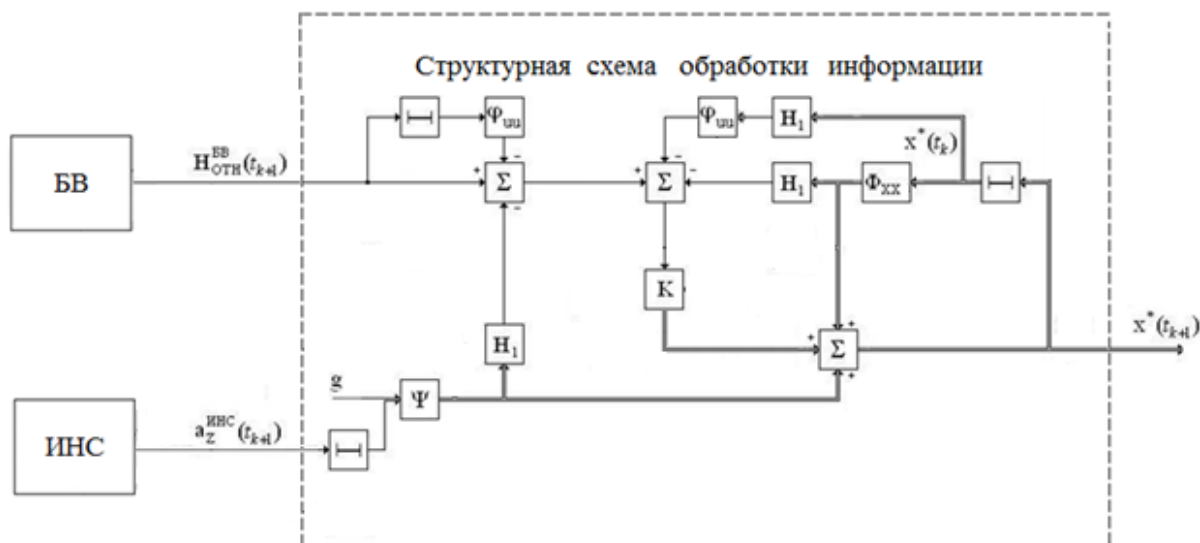


Рис. 1. Структурная схема обработки сигналов ИНС и БВ

Произведена оценка потенциальных характеристик точности оценивания высоты и вертикальной скорости в разработанной информационно-измерительной (навигационной системе). При одновременном возникновении аномальных измерений на выходе аппаратуры приема сигналов ГНСС и выходе РВ данные о высоте полета и вертикальной скорости поступают после обработки сигналов БВ и ИНС. В связи с этим ошибки оценивания высоты и вертикальной скорости начинают увеличиваться со временем. Например, через 4 секунды среднеквадратическая ошибка оценивания высоты достигает значения 0,88 м, а среднеквадратическая ошибка оценивания вертикальной скорости значения 0,4 метра в секунду.

Библиографический список

1. Иванов, А. В. Автономные системы контроля целостности навигационных данных спутниковых радионавигационных систем / А. В. Иванов // Радиотехника. – 2014. – № 7. – С. 55 – 64.
2. Adaptive Algorithms for Information Processing in Navigation Complexes of Mobile Ground Objects / A. V. Ivanov, V. Yu. Shishkin, D. V. Boikov, et al. // Journal of Communications Technology and Electronics – 2021. – No. 8(66). – P. 926 – 937.
3. Ivanov, A. V. Optimal Algorithms of Data Processing in Navigation Complexes of on-Earth Mobile Objects with Autonomous Integrity Monitoring of Navigation Data of Satellite Radio Navigation Systems / A. V. Ivanov, D. V. Komrakov // Journal of Communications Technology and Electronics. – 2017. – V. 62, No. 4. – P. 360 – 370.

НАНОФОТОННЫЕ ПРОЦЕССОРЫ: ПРОБЛЕМЫ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ

Д. Д. Миронова

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана,
Москва, Россия

(e-mail: daria.dmir20@yandex.ru)

Компьютерные системы «глубокого обучения», основанные на искусственных нейронных сетях, которые имитируют обучение мозга на основе накопления данных, стали горячей темой в информатике. Одним из основных компонентов, определяющих скорость работы этих систем, является их процессор [1]. Прогресс в разработке квантовых линейных нанопотонных процессоров и их применение для классической и квантовой обработки информации, а также машинного обучения открывает новые горизонты в развитии радиотехнических систем. Фотонные интегральные схемы играют ключевую роль в современных коммуникационных приложениях, таких как системы дальней связи, передача данных в сетях 5G/6G и центры обработки данных. Их компактность, высокая пропускная способность и способность управлять большим количеством оптических мод с высокой фазовой стабильностью делают их идеальными для создания гибридных радиооптических систем.

Программируемые нанопотонные процессоры управляют световым потоком на чипе через оптические волноводы и интерферометры Маха-Цендера, которые могут быть интегрированы с традиционными радиочастотными компонентами [2]. Они реализуют линейные функции через интерференцию сигналов и определяют программируемые фильтры длин волн, что особенно важно для задач спектрального анализа и обработки радиосигналов. Эти возможности позволяют создавать новые типы адаптивных антенных решеток и систем радиолокации.

Программирование процессоров требует точной настройки фазовращателей, что выполняется по трем категориям протоколов: поэлементное, матричное и оптимизационное [4]. В контексте радиотехнических приложений это позволяет реализовать адаптивные алгоритмы обработки сигналов и динамическую перестройку параметров систем связи.

Оптические нейронные сети (ONN) эффективны благодаря умножению фиксированных матриц со скоростью света и минимальному энергопотреблению [4]. После обучения они могут работать пассивно, что особенно важно для создания энергоэффективных систем обработки радиолокационной информации и систем спектрального анализа. Программируемые процессоры способны изменить использование когерентного света для управления информацией в радиотехнических системах, обеспечивая новый уровень производительности при обработке широкополосных сигналов.

Для реальных приложений необходимо решить задачи разработки компактных фазовращателей с низкими потерями, управления десятками тысяч фазовращателей и создания компактных пассивных компонентов [5]. Особенно

актуально это для создания миниатюрных радиоприемных устройств нового поколения и систем обработки многоканальных радиосигналов. Развитие гибридных электронно-фотонных технологий может существенно повысить эффективность современных радиотехнических систем за счет объединения как электронных, так и фотонных компонентов.

Библиографический список

1. Жалнин, В. П. Процессоры будущего: тенденции и перспективы / В. П. Жалнин // Технологии инженерных и информационных систем – 2023. – № 3. – С. 64 – 93.
2. Soljačić Deep Learning with Coherent Nanophotonic Circuits / Y. Shen, N. C. Harris, S. Skirlo, et al. // Nature Photonics. – 2017. – No. 11. – P. 441 – 446.
3. Miller, D. A. B. Self-Configuring Universal Linear Optical Component (invited) / D. A. B. Miller // Photonics Research. – 2013. – No. 1. – P. 1 – 15.
4. Low Loss Etchless Silicon Photonic Waveguides / J. Cardenas, et al. // Optics Express. – 2009. – No. 17. – С. 4752 – 4757.
5. An Integrated-Nanophotonics Polarization Beamsplitter with $2.4 \times 2.4 \mu\text{m}^2$ Footprint / B. Shen, P. Wang, R. Polson, R. Menon // Nature Photonics. – 2015. – No. 9. – P. 378 – 382.

МОДЕЛЬ ИСКАЖЕНИЙ ФРОНТА ИМПУЛЬСА НАПРЯЖЕНИЯ ВО ВТОРИЧНОЙ ОБМОТКЕ ТРАНСФОРМАТОРА

Д. С. Баршутина, С. Н. Баршутин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: aspirs@yandex.ru)

Трансформаторы импульсного напряжения широко используются в различных электронных устройствах. Такие трансформаторы имеют меньшие габаритные размеры по сравнению с трансформаторами, использующими синусоидальную форму сигнала. В случае использования такого трансформатора в высоковольтных схемах для повышения напряжения важно иметь представление о форме и степени искажения импульса на выходе. Эквивалентная схема трансформатора имеет вид:

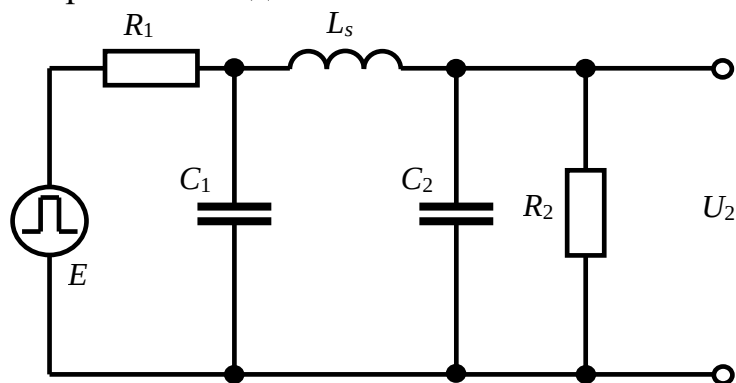


Рис. 1. Эквивалентная схема трансформатора

Форму фронта импульса на выходе описывает дифференциальное уравнение

$$R_1 C_1 L_s \frac{d^3 U_2}{dt^3} + \left(R_1 C_1 \frac{L_s}{R_2} + L_s C_2 \right) \frac{d^2 U_2}{dt^2} + \left(R_1 C_1 + \frac{L_s}{R_2} + R_1 C_2 \right) \frac{dU_2}{dt} + \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) U_2 = E, \quad (1)$$

где R_1 – сопротивление первичной обмотки; R_2 – сопротивление вторичной обмотки; C_1 – емкость первичной обмотки; C_2 – емкость вторичной обмотки; L_s – индуктивность рассеяния; E – амплитуда импульса на первичной обмотке; U_2 – напряжение на вторичной обмотке.

Это уравнение имеет аналитическое решение, которое в полном объеме представить в данной статье не представляется возможным, но формальный вид решения можно представить следующим образом:

$$U_2(t) = f_1(E, R_1, R_2) + \exp(f_1(R_1, R_2, C_1, C_2, L_s, t)) + \\ + \exp(f_2(R_1, R_2, C_1, C_2, L_s, t)) \cos(f_2(R_1, R_2, C_1, C_2, L_s, t)) + \\ + \exp(f_3(R_1, R_2, C_1, C_2, L_s, t)) \sin(f_2(R_1, R_2, C_1, C_2, L_s, t)). \quad (2)$$

Здесь функции f_1, f_2, f_3, f_4 имеют многостраничное представление, которое можно показать в случае расчета трансформатора с заданными параметрами R_1, R_2, C_1, C_2, L_s .

Зададимся параметрами импульсного трансформатора со следующими значениями параметров R_1, R_2, C_1, C_2, L_s : $R_1 = 0,17$ Ом, $R_2 = 490$ Ом, $C_1 = 100$ пФ, $C_2 = 10$ нФ, $L_s = 5,98$ мкГн, $E = 100$ В. Тогда уравнение (2) приобретает вид:

$$U_2(t) = 0,99965 \cdot E + k_1 \exp(-5,88235 \cdot 10^{10} t) + \\ + k_2 \exp(-1,16255 \cdot 10^5 t) \cos(4,08836 \cdot 10^6 t) + \\ + k_3 \exp(-1,16255 \cdot 10^5 t) \sin(4,08836 \cdot 10^6 t), \quad (3)$$

где k_1, k_2, k_3 – коэффициенты.

При определении коэффициентов k_1, k_2 и k_3 необходимо задаться граничными условиями формирования импульса. Учитывая, что в реальных системах входной импульс имеет время нарастания импульса, то напряжение амплитуды можно представить в виде аппроксимированной линейной функцией от времени

$$E = k_4 t.$$

Для существующих генераторов импульсов прямоугольной формы коэффициент k_4 может иметь значение от 10^8 до 10^{11} . Тогда фронт импульса для k_4 будет иметь вид (рис. 1).

Форма фронта импульса при заданных параметрах трансформатора имеет незначительные искажения, которые на начальном участке и конечном участке фронта имеют отклонение не более 1%.

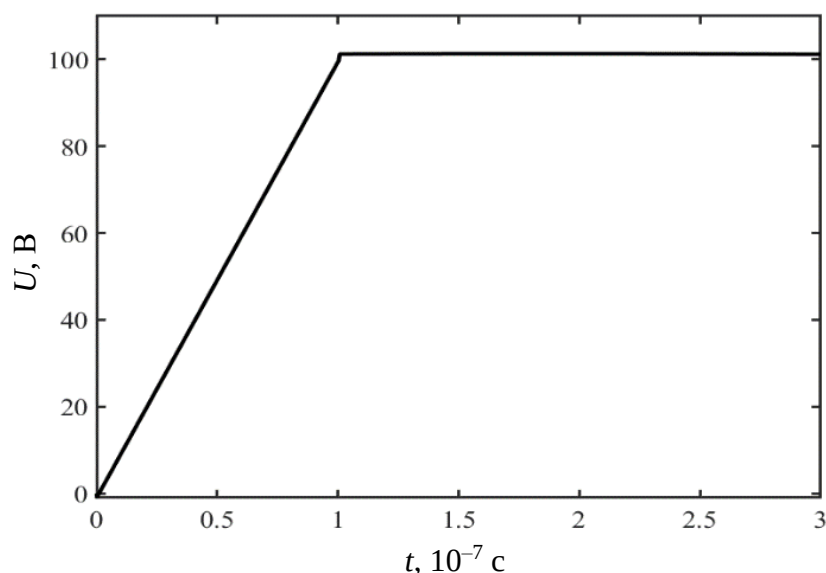


Рис. 1. Форма импульса

Библиографический список

1. Вдовин, С. С. Проектирование импульсных трансформаторов / С. С. Вдовин. – Л. : Энергия, 1971. – 148 с.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРОЦЕДУР И ПРОЦЕССОВ СЕРТИФИКАЦИИ И СТАНДАРТИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ СВЯЗИ В РОССИИ, США, КНР И СТРАНАХ ЕС

В. Д. Кипаренко

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия
(e-mail: kiparenko.vd@dvfu.ru)

В России система стандартизации базируется на национальных стандартах (ГОСТ) и технических регламентах Таможенного союза (ТС) [1]. Сертификация объектов связи регулируется Росстандартом и Роскомнадзором, а обязательная сертификация оборудования, включая 5G, проводится по единым правилам ЕАЭС. В США стандартизация децентрализована: ключевыми игроками выступают частные структуры, такие как Американский национальный институт стандартов (ANSI), Институт инженеров по электротехнике и электронике (IEEE) и Федеральная комиссия по связи (FCC). Последняя устанавливает требования к радиочастотному спектру и ЭМ-совместимости, а сертификация носит преимущественно добровольный характер, кроме случаев, когда оборудование влияет на безопасность [2]. В Китае стандарты разрабатываются Комитетом по стандартизации (SAC) и Министерством промышленности и информационных технологий (МИИТ). Китайская обязательная сертификация (CCC) обязательна для большинства устройств, а национальные стандарты адаптируют международные нормы под локальные условия [3]. В ЕС регулирование основано на директивах о радиооборудовании (RED), ЭМС и гармонизирован-

ных стандартах, разработанных Институтом телекоммуникационных стандартов и Комитетом по стандартизации. Сертификация осуществляется через механизм CE-маркировки, сочетающий обязательные требования безопасности и экологии с гибкостью в выборе методов оценки [4].

В РФ сертификация включает испытания в аккредитованных лабораториях, документирование и выдачу сертификата ТС, импортное оборудование требует подтверждение соответствия Таможенному союзу. В США процесс упрощен: производители проводят тестирование самостоятельно, достаточно регистрации и предоставления отчетов. В КНР контроль строгий: оборудование проверяется в уполномоченных лабораториях, а для радиоустройств требуется дополнительная регистрация в МИПТ. В ЕС применяется модульный подход, где производитель выбирает метод оценки, а CE-маркировка подтверждается техническим досье или заключением уполномоченного органа.

Россия и КНР делают акцент на государственном регулировании. В Китае усилен контроль в области кибербезопасности, в РФ – политика импортозамещения. США и ЕС ориентируются на рынок и международные стандарты, но в ЕС действуют строгие экологические требования (RoHS, Регламент по химическим веществам), а в США преобладает гибкость в регулировании инноваций, таких как «Интернет вещей».

Для РФ ключевой проблемой остается несоответствие национальных стандартов международным, что усложняет экспорт. КНР балансирует между защитой внутреннего рынка и участием в глобальных цепочках создания стоимости. В ЕС и США возникают разногласия по регулированию ИИ и критической инфраструктуры. Общие тенденции включают цифровизацию процессов, использование блокчейн-технологий и усиление требований к кибербезопасности [5].

Библиографический список

1. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств» [Электронный ресурс]. – URL : <https://docs.cntd.ru/document/902320551> (дата обращения: 20.04.2025).
2. FCC Rules and Regulations (Title 47, CFR) [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.ecfr.gov/current/title-47> (дата обращения: 20.04.2025).
3. CCC Guidelines [Электронный ресурс]. – URL : [https://www.eusmecentre.org.cn/sites/default/files/files/201217-Guidelines on CCC \(Alessio Petino Betty Xu\) \(1\).pdf](https://www.eusmecentre.org.cn/sites/default/files/files/201217-Guidelines on CCC (Alessio Petino Betty Xu) (1).pdf). (дата обращения: 20.04.2025).
4. EU Radio Equipment Directive (RED) 2014/53/EU [Электронный ресурс]. – URL : https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/electrical-and-electronic-engineering-industries-eei/radio-equipment-directive-red_en. (дата обращения: 20.04.2025).
5. ISO/IEC Standards for Telecommunication Systems [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.iso.org/standard/61208.html> (дата обращения: 20.04.2025).

ОЦЕНКА ТРЕНДА ПРОЦЕССА НА ОСНОВЕ ФИЛЬТРАЦИИ В ПРОСТРАНСТВЕ СОСТОЯНИЙ

С. Н. Данилов, А. Н. Шитов, Д. П. Шпилёв, Р. А. Бегляминов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: plabz@mail.ru; sashashitov70@gmail.com;
dimkashpi1@gmail.com; beglyaminov.1.1.1@mail.ru)

Выделение тренда представляет собой важную задачу, так как решение ее позволяет осуществлять прогноз, а также оценку точности прогноза. В настоящее время известны два основных метода выделения тренда: на основе подбора математической модели и на основе сглаживания ряда. Недостаточно обоснованный выбор математической модели не гарантирует достаточно точных результатов. Чтобы в некоторой степени избавиться от случайной составляющей временного ряда, осуществляют сглаживание эмпирических данных. Затем этот сглаженный ряд может быть использован для прогнозирования на заданный период упреждения на основе выбранной модели. Рассмотрим метод сглаживания на основе фильтрации в пространстве состояний (рекурсивный фильтр), который минимизирует влияние случайной составляющей временного ряда. Отсчеты ряда получаются от датчика (первичного измерителя). Пусть уравнение для такого датчика имеет вид

$$\mathbf{Z}_k = \mathbf{H} \mathbf{X}_k + \mathbf{n}_k.$$

Здесь векторы $\mathbf{Z}_k$, $\mathbf{X}_k$ – отсчеты соответствующих процессов в моменты $k = 1 \dots M$; $\mathbf{H}$ – матрица размерных коэффициентов; $\mathbf{n}_k$ – дискретный белый шум с ковариационной матрицей $\mathbf{S}$.

Математическая модель поведения тренда может быть представлена в виде стохастического дифференциального уравнения, которое включает двухкомпонентный вектор $\mathbf{X}$ (отсчеты ряда X_1 и скорость изменения отсчетов X_2).

$$\mathbf{X}(t) = \begin{bmatrix} X_1(t) \\ X_2(t) \end{bmatrix}.$$

Модель прогноза состояния в непрерывной форме имела вид:

$$\begin{bmatrix} \dot{X}_1(t) \\ \dot{X}_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1(t) \\ X_2(t) \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} X_1(0) \\ X_2(0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{10} \\ X_{20} \end{bmatrix}.$$

Дискретный алгоритм фильтрации представлен уравнениями в матричной форме [1 – 4]:

$$\hat{\mathbf{X}}_k = \Phi_{k/k-1} \hat{\mathbf{X}}_{k-1} + \mathbf{K}_k [\mathbf{Z}_k - \mathbf{H} \Phi_{k/k-1} \hat{\mathbf{X}}_k], \quad \hat{\mathbf{X}}_0;$$

$$\mathbf{K}_k = \mathbf{P}_{k/k-1} \mathbf{H}^T [\mathbf{H} \mathbf{P}_{k/k-1} \mathbf{H}^T + \mathbf{S}]^{-1};$$

$$\mathbf{P}_{k/k-1} = \Phi_{k/k-1} \mathbf{P}_{k-1} \Phi_{k/k-1}^T + \mathbf{Q}; \quad \mathbf{P}_0;$$

$$\mathbf{P}_k = \mathbf{P}_{k/k-1} - \mathbf{P}_{k/k-1} \mathbf{H}^T [\mathbf{H} \mathbf{P}_{k/k-1} \mathbf{H}^T + \mathbf{S}]^{-1} \mathbf{H} \mathbf{P}_{k/k-1}.$$

Здесь $\mathbf{P}_k$ – матрица погрешностей оценки тренда; $\mathbf{P}_0$ – матрица начальных погрешностей оценки тренда.

В результате проверки функционирования фильтра на основе вышеприведенного алгоритма были получены следующие результаты.

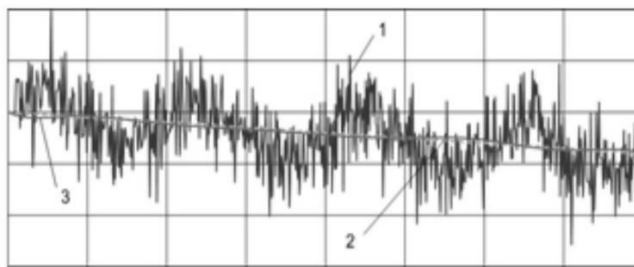


Рис. 1. Результат оценивания тренда процесса (временного ряда)

На рисунке 1 показана последовательность тестовых отсчетов временного ряда (кривая 1), тренд тестовой последовательности (пунктирная кривая 2), полученная оценка тренда (кривая 3).

Анализ показывает, что фильтр эффективно сглаживает резкие колебания, приближая измеренный сигнал к истинному значению. Это позволяет: повысить точность измерений; оптимизировать работу механизмов, ориентирующихся на величину тренда; снизить энергопотребление механизмов за счет более точного управления.

Таким образом, использование рекурсивного фильтра для обработки сигналов на фоне шума позволяет значительно повысить точность измерений и снизить влияние помех. Это дает возможность настраивать работу систем на величину сглаженной оценки (тренда) и прогнозировать его изменение.

Библиографический список

1. Алгоритм дальномерного канала с учетом информации бортовых датчиков воздушных судов / И. В. Князев, С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк // Радиотехника. – М., 2013. – № 9. – С. 60 – 63.
2. Пудовкин, А. П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.
3. Synthesis of Channel Tracking for Random Process Parameters under Discontinuous Variation / A. P. Pudovkin, Yu. N. Panasyuk, S. N. Danilov, S. P. Moskvitin // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112, P. 1.

ОЦЕНКА ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ РАЗЛИЧНОГО ПОРЯДКА

А. Н. Шитов, Н. А. Логвинов, И. С. Медведев, С. Н. Данилов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: sashashitov70@gmail.com; logvinov_kolya1@mail.ru;
vanyusha.medvedev.003@mail.ru; plabz@mail.ru)

Оценка тренда процесса представляет собой важную задачу. В настоящее время известны два основных метода выделения тренда. Метод оценки тренда, когда по отсчетам временного ряда подбирается математическая модель в виде

того или иного уравнения различных степеней, и по выбранной математической модели осуществляется оценка ее параметров, например, по методу наименьших квадратов. Недостаточно обоснованный выбор математической модели не гарантирует получения достаточно точной оценки.

Рассмотрим метод оценивания тренда на основе фильтрации в пространстве состояний. В качестве входного сигнала использовалась заранее сформированная тестовая последовательность (рис. 1).

На рисунке 1 (кривые 1 и 2) показаны две помеховые составляющие: гармоническая и случайная соответственно.

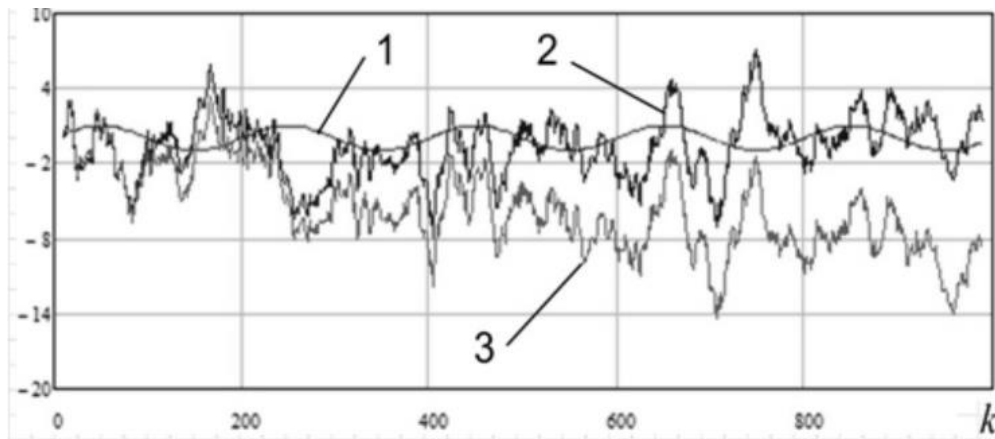


Рис. 1

Кривая 3 – суммарный сигнал, включающий и трендовую составляющую. Рассмотрим работу рекурсивного фильтра, который минимизирует влияние помеховых составляющих временного ряда. Для фильтра, построенного на основе стохастического дифференциального уравнения второго порядка [1 – 3] с формирующей матрицей вида

$$\Phi = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{\alpha} \cdot (1 - \exp(-\alpha \cdot dt)) \\ 0 & \exp(-\alpha \cdot dt) \end{bmatrix},$$

результат оценки тренда выглядит так (рис. 2). Кривая 1 – тренд из тестового сигнала, кривая 2 – оценка тренда.

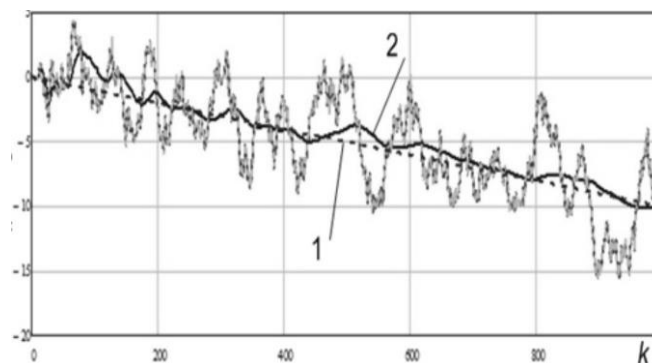


Рис. 2

Для фильтра, построенного на основе стохастического дифференциального уравнения третьего порядка [1 – 4] с формирующей матрицей вида результат оценки тренда выглядит так (рис. 2).

$$\Phi = \begin{bmatrix} 1 & dt & \frac{1}{\alpha^2} \cdot (-1 + \alpha \cdot dt + \exp(-\alpha \cdot dt)) \\ 0 & 1 & \frac{1}{\alpha} \cdot (1 - \exp(-\alpha \cdot dt)) \\ 0 & 0 & \exp(-\alpha \cdot dt) \end{bmatrix}.$$

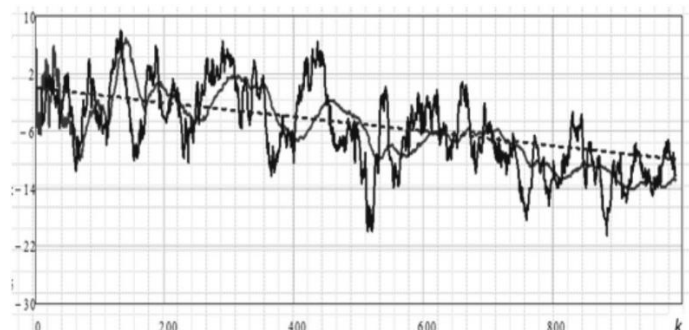


Рис. 3

Анализ показывает (рис. 3), что фильтр достаточно эффективно сглаживает резкие колебания, приближая оцененный тренд к истинному значению только для правильно выбранной модели. Неподходящая модель (в данном случае третьего порядка) ухудшает точность оценки и затягивает переходный процесс.

Библиографический список

1. Данилов, С. Н. Алгоритм функционирования системы угловой коррекции наземной подвижной антенны, синтезированный на основе систем со случайным изменением структуры / С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 55 – 59.
2. Алгоритм дальномерного канала с учетом информации бортовых датчиков воздушных судов / И. В. Князев, С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк // Радиотехника. – М., 2013. – № 9. – С. 60 – 63.

ОЦЕНКА ТРЕНДА ПРОЦЕССА НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ РАЗЛИЧНОГО ВИДА

Н. А. Логвинов, Д. П. Шпилёв, Р. А. Бегляминов, И. С. Медведев

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: logvinov_kolya1@mail.ru; dimkashpi1@gmail.com;
beglyaminov.1.1.1@mail.ru; vanyusha.medvedev.003@mail.ru)

При оценке тренда процесса выбор модели состояния для рекурсивного фильтра представляет собой важную задачу. Недостаточно обоснованный выбор математической модели не гарантирует получения малой погрешности. Рассмотрим метод оценивания тренда на основе фильтрации в пространстве состояний. В качестве входного сигнала использовалась заранее сформирован-

ная тестовая последовательность. Рассмотрим работу рекурсивного фильтра второго порядка, который минимизирует влияние помеховых составляющих временного ряда. Для рекурсивного фильтра, построенного на основе стохастического дифференциального уравнения второго порядка [1 – 3], с формирующей матрицей вида

$$\Phi = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{\alpha} \cdot (1 - \exp(-\alpha \cdot dt)) \\ 0 & \exp(-\alpha \cdot dt) \end{bmatrix}$$

результат оценки тренда выглядит так (рис. 1). Кривая 1 – тренд из тестового сигнала, кривая 2 – оценка тренда.

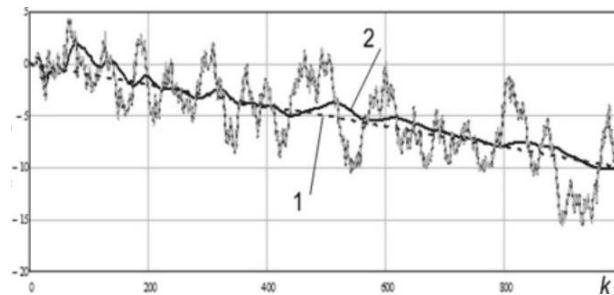
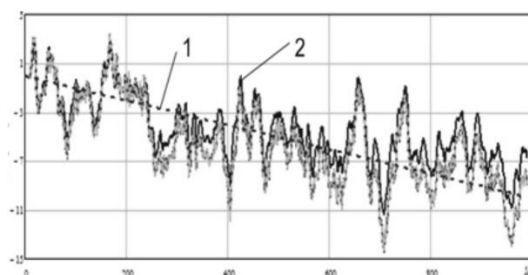


Рис. 1

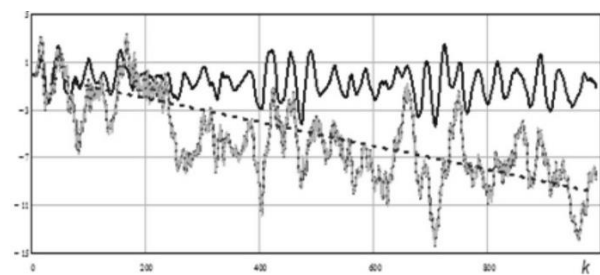
В качестве альтернативной модели состояния [1 – 4] для фильтра выберем стохастическое дифференциальное уравнение также второго порядка с формирующей матрицей вида, которая соответствует модели колебательного звена [5].

$$\Phi = \begin{bmatrix} 1 - \alpha \cdot dt & (1 - \alpha \cdot dt)^2 \\ -b^2 \cdot (1 - \alpha \cdot dt)^2 & 1 - \alpha \cdot dt \end{bmatrix}.$$

В этом случае результат оценки тренда выглядит так, как показано на рис. 2 (кривая 1 – тренд из тестового сигнала, кривая 2 – оценка тренда).



а)



б)

Рис. 2

Анализ показывает, что фильтр (рис. 1) достаточно эффективно сглаживает резкие колебания, приближая оцененный тренд к истинному значению. Результаты моделирования, показанные на рис. 2, а, б, получены при различных настройках фильтра. Оценка фильтра (рис. 2, а) имеет очень высокую погрешность, а оценка (рис. 2, б) даже со средним не оценивает тренд. Таким образом, не подходящая модель, соответствующая рис. 2, значительно ухудшает точность оценки.

Библиографический список

1. Данилов, С. Н. Алгоритм функционирования системы угловой коррекции наземной подвижной антенны, синтезированный на основе систем со случайным изменением структуры / С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С 55 – 59.
2. Князев, И. В. Алгоритм дальномерного канала с учетом информации бортовых датчиков воздушных судов / И. В. Князев, С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 60 – 63.
3. Пудовкин, А. П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.
4. Synthesis of Channel Tracking for Random Process Parameters under Discontinuous Variation / A. P. Pudovkin, Yu. N. Panasyuk, S. N. Danilov, S. P. Moskvitin // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112, P. 1.
5. Synthesis of Algorithm for Range Measurement Equipment to Track Maneuvering Aircraft Using Data on Its Dynamic and Kinematic Parameters / A. P. Pudovkin, Yu. N. Panasyuk, S. N. Danilov, S. P. Moskvitin // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – V. 1015, Is. 3, article id.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ БЛИЖНЕГО ПОЛЯ В ДАЛЬНЕЕ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ ВО ВРЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ

В. В. Глотов

Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия
(e-mail: vadik-livny@mail.ru)

Преобразование ближнего поля в дальнее основано на теореме эквивалентности поверхностей. Эта теорема позволяет строго рассчитывать электромагнитные поля во внешней области из эквивалентных нефизических токов, должным образом определенных по произвольной виртуальной поверхности S , как показано на рис. 1, *а*, которая полностью охватывает исходную антенну или рассеиватель, даже если S находится в ближнем поле [1].

Следуя обозначениям, мы предполагаем, что электромагнитное поле (E_1, H_1) , заполняющее все пространство, генерируется действием физических электрических и магнитных токов J_1 и M_1 , связанных с интересующей антенной. На рисунке 1, *б* мы предполагаем, что J_1 и M_1 удалены, и что теперь существует новое поле (E, H) внутри виртуальной поверхности S , которая полностью охватывает структуру. Однако мы хотим наблюдать исходное поле (E_1, H_1) снаружи S . Для того, чтобы эта желаемая ситуация удовлетворяла требуемым граничным условиям электромагнитного поля на тангенциальных компонентах E - и H -поля в S .

Поскольку поля внутри S могут быть любыми (и мы не интересуемся этой областью в любом случае в отношении разработки информации о дальнем поле), полезно предположить, что $E = 0$ и $H = 0$ внутри S . Тогда эквивалентная

задача рис. 1, б сводится к рис. 1, в. Используя теорему эквивалентности поверхностей, можно эффективно реализовать преобразование ближнего поля в дальнее для декартовых моделей метода конечных разностей во временной области произвольных трехмерных структур. S – это шестисторонняя прямоугольная виртуальная поверхность, которая полностью охватывает интересующую структуру в зоне рассеянного поля решетки пространства метода конечных разностей во временной области [2].

Вдоль каждой грани S распределения эквивалентного электрического тока J_S и магнитного тока M_S вычисляются с использованием дискретных преобразований Фурье, которые применяются к тангенциальным H - и E -полям, вычисленным методом конечных разностей во временной области. Таким образом, один запуск метода конечных разностей во временной области, который моделирует импульсное плосковолновое освещение рассеивающего объекта, дает достаточно данных для расчета полной диаграммы направленности радиолокационного сечения объекта в дальней зоне на нескольких синусоидальных частотах для углов падения и поляризации освещающей волны, используемых в моделировании.

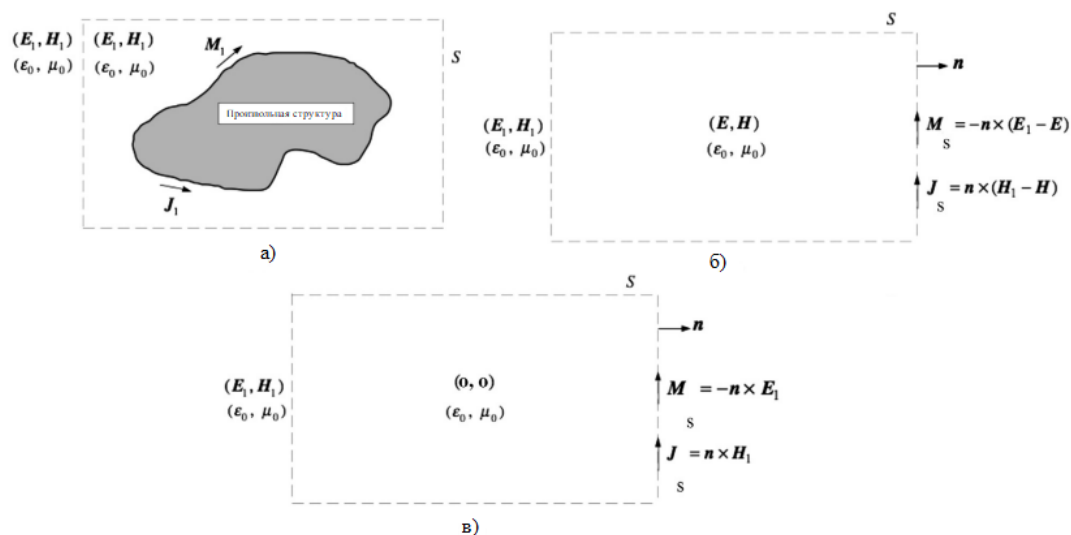


Рис. 1. Определение электромагнитных полей и эквивалентных электрических и магнитных виртуальных токов для теоремы эквивалентности поверхностей

Библиографический список

1. Ромащенко, М. А. Моделирование ближнего электромагнитного поля конструкций электронных систем с использованием численных методов / М. А. Ромащенко, П. П. Чураков // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2012. – Т. 8, № 3. – С. 109 – 112.
2. Антипов, С. А. Использование гибридных печатных антенн для построения линейных приемных антенных решеток / С. А. Антипов, В. В. Негротов, С. М. Федоров // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7, № 12.1. – С. 119 – 122.
3. Кечиев, Л. Н. Проектирование печатных плат для цифровой быстродействующей аппаратуры / Л. Н. Кечиев. – М. : ООО «Группа ИДТ», 2007. – 616 с.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ШУМОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ШУМОВЫХ КАРТ

С. В. Ушаков, Л. Г. Стаценко

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия
(e-mail: ushakov.sv@dvfu.ru; statsenko.lg@dvfu.ru)

В современном мире при росте антропогенного воздействия на окружающую среду проблема шумового загрязнения становится серьезной проблемой. Постоянное воздействие повышенного уровня шума не только ухудшает физическое и психическое состояние людей, но и снижает комфорт проживания, а также нарушает экологический баланс.

Одним из важнейших инструментов в борьбе с этой проблемой являются шумовые карты – специализированные графические модели, отображающие распределение акустических нагрузок на территории и указывающие зоны, подверженные наибольшему шумовому воздействию [1]. Создание таких карт требует эффективных подходов к анализу акустической обстановки.

По всему миру в настоящее время наиболее распространены следующие подходы к сбору данных, необходимых для создания карт шумового загрязнения территории:

- сбор данных с применением шумомеров в заранее выбранных точках местности. Данный подход позволяет получить непосредственные сведения о звуковом давлении на территории, однако он предполагает выполнение значительного количества измерений (в разное время суток, не только на «зашумленной», но и на эталонной «тихой» территории) и, как следствие, значительных затрат времени на сбор данных [2];

- оценка шумовой нагрузки по косвенным показателям (особенности транспортного потока, характер застройки территории и пр.). Этот подход в основном используется при оценке шумового воздействия от автомобильного транспорта. Объектом картографирования являются параметры транспортного потока (интенсивность, состав и плотность трафика), относительно которых затем рассчитывается шумовая нагрузка [3, 4]. Эти характеристики достаточно легко определяются путем анализа GPS-треков транспортных средств, а загруженность дорог может быть определена по материалам аэрокосмической съемки (таким как Google Earth, 2GIS или Яндекс.Карты). При этом для отдельных участков местности может быть осуществлены полевые замеры с помощью шумомеров.

Также развитие мобильных средств связи привело к формированию нового подхода к определению шумового воздействия на территории – мобильному картографированию шума. Этот подход основывается на использовании обычных смартфонов и программного обеспечения, предназначенного для фиксации уровней шума в различных точках городской территории.

Все вышеперечисленные подходы позволяют собрать данные, которые в дальнейшем будут применены при расчете значений, наносимых нам шумовую карту территории. Также следует учитывать, что уровень шума оценивается с помощью ГОСТ 20444–2014 [5] и ГОСТ 23337–2014 [6].

Библиографический список

1. Подколзин, П. Л. Шумовая карта как способ визуализации ситуации с шумом в селитебной зоне / П. Л. Подколзин, Е. А. Преликова // Молодежь и системная модернизация страны. – 2020. – Т. 5. – С. 57 – 60.
2. Подколзин, П. Л. Картографирование как метод контроля над уровнем шума в городской среде / П. Л. Подколзин, Е. А. Преликова // Южно-Сибирский вестник. – 2020. – № 6(34). – С. 212 – 218.
3. Лысенко, Е. А. Проектирование систем обеспечения безопасности с шумовым загрязнением городских агломераций / Е. А. Лысенко, В. А. Аксенов // Проблемы безопасности российского общества. – 2024. – № 1(45). – С. 55 – 66.
4. Асосков, А. А. Оценка шумового загрязнения перекрестков в районе Марьино роцца г. Москва / А. А. Асосков, Н. В. Лагутина // 13 Междунар. молодежной науч. конф. : сб. ст. – 2024. – Т. 4. – С. 9 – 12.
5. ГОСТ 20444–2014. Межгосударственный стандарт «Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой хараткеристики». – URL : <https://docs.cntd.ru/document/1200114240> (дата обращения: 26.04.2025).
6. ГОСТ 23337–2014. Межгосударственный стандарт «Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий». – URL : <https://docs.cntd.ru/document/1200114242> (дата обращения: 26.04.2025).

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНЫХ СРЕДСТВ В МОДЕЛИРОВАНИИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

А. Д. Анисимов, А. А. Брюханов, В. В. Шатских

**Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск РЭБ
(учебный и испытательный), Тамбов, Россия
(e-mail: nauchnajarota@yandex.ru)**

Бурное развитие радиоэлектронной техники, цифровых технологий и систем связи требует постоянного совершенствования методов проектирования, анализа и моделирования радиоэлектронных систем (РЭС). Особую актуальность приобретает использование учебно-тренировочных средств (УТС), традиционно применяемых для подготовки операторов, но все чаще используемых и как инструмент моделирования. УТС позволяют моделировать работу реальных систем, проводить обучение, диагностику и тренировки по эксплуатации сложного оборудования [1].

На сегодняшний день уже разработаны модели радиоэлектронной аппаратуры, которые могут быть интегрированы в учебно-тренировочные средства. Данные модели представляют собой цифровые двойники реальных устройств, что позволяет имитировать их работу с высокой степенью достоверности. Кроме того, существуют алгоритмы взаимодействия с радиоаппаратурой, кото-

рые обеспечивают возможность моделирования процессов диагностики, настройки и эксплуатации.

УТС используют модульный подход, который выражается в построении следующих моделей [2]:

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

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

- одноразовая разработка и многократное использование компонентов УТС для подготовки операторов;
- легкость модернизации УТС;
- коллективное использование УТС;
- сбережение ресурсов и сокращение сроков построения УТС.

Использование моделей различной радиоэлектронной аппаратуры и алгоритмов позволяет [3]:

- имитировать работу узлов и блоков реальных РЭС;
- выполнять сбор статистики и анализ поведения системы при изменении параметров;
- сократить цикл разработки;
- найти и устранить возможные ошибки и уязвимости на раннем этапе;
- реализовывать учебные сценарии, приближенные к реальным условиям эксплуатации радиооборудования;
- снижать затраты на приобретение и обслуживание физических экземпляров радиоаппаратуры.

УТС возможно применить в следующих отраслях:

- в системах связи для моделирования модуляции, фильтрации, кодирования, обработки сигналов. УТС позволяют реализовать макеты передающих и приемных устройств, имитировать условия радиопомех, искажений, задержек;
- УТС позволяют исследовать диаграммы направленности, параметры согласования, КСВ, затухание;
- УТС позволяют моделировать алгоритмы автоматизированного управления, отслеживания и регулирования процессов.

Современные УТС позволяют реализовывать процессы моделирования, отладки и тестирования РЭС, ускоряя цикл разработки, снижая риски и повышая качество конечного продукта. С развитием цифровых технологий роль УТС в инженерной практике будет только возрастать.

Библиографический список

1. Информационная технология построения мультимедийных учебно-тренировочных средств для подготовки операторов систем специального назначения / А. С. Аксенов, В. В. Алексеев, В. В. Вагин и др. // Надежность и качество : тр. Междунар. симпозиума. – 2020. – Т. 1. – С. 216 – 219.

2. Крассовский, А. А. Математическое моделирование и компьютерные системы обучения и тренажа / А. А. Крассовский. – М. : Изд.-во ВВИА им. Жуковского, 1989. – 255 с.

3. Юрков, Н. К. Интеллектуальные компьютерные обучающие системы / Н. К. Юрков. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2010. – 304 с.

УНИВЕРСАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ БЕСПРОВОДНОЙ ЗАРЯДКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА

И. А. Чупахин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: ivanchupa1709@gmail.com)

Современные технологии стремительно развиваются, и с каждым годом растет популярность электрического транспорта. Существующие решения для его заряда, основанные на проводных подключениях, имеют ряд существенных недостатков: механический износ, ограниченное количество, большие габариты, а также несовместимость зарядных устройств разных марок автомобилей.

Альтернативой может стать универсальная технология беспроводной зарядки: под днищем электромобиля размещается приемник, получающий энергию от индукционных катушек, встроенных в дорожное покрытие парковочного места. На основе принципиальной схемы беспроводного устройства куплены составляющие, которые требуются для разработки зарядки [1].

На первом этапе разработки устройства была проведена проверка взаимодействия передающей и приемной катушек через фанерный лист толщиной 6 мм [2]. Эксперимент показал, что энергия успешно передается, однако наблюдаются незначительные потери напряжения – около 0,2 В (4% от общего значения).

Согласно схеме беспроводной зарядной системы для электротранспорта катушка-приемник была припаяна к дисплею POWERBANK, соединенному с аккумулятором 18 650. После сборки и тестирования устройства удалось установить, что при передаче энергии между катушками индикатор POWERBANK активируется.

Следующим этапом стала разработка внешнего вида беспроводной зарядной системы, состоящей из двух основных компонентов. Первый элемент – парковочное место, спроектированное в КОМПАС–3D и изготовленное из 6-миллиметровой фанеры. Второй компонент – имитация электротранспорта, созданная на базе шасси радиоуправляемой модели автомобиля.

При разработке выявилась проблема универсальности – разный клиренс электромоделей мог превышать рабочее расстояние катушек. Для решения предложили оснастить парковочное место подъемным механизмом катушки [3].

Механизм реализован на базе Arduino Uno с ультразвуковым датчиком HC-SR04 и сервоприводом. Для управления сервоприводом на основе данных ультразвукового дальномера был написан скетч [4]. Система автоматически

регулирует высоту катушки по данным датчика и возвращает ее в исходное положение. После проверки работоспособности цепи приступили к созданию подъемного механизма катушки.

Принцип работы механизма поднятия заключается в следующем: сервопривод поворачивает поперечную деталь, которая в свою очередь поднимает и опускает катушку-передатчик. После проверки работоспособности подъемный механизм был установлен в парковочное место и зафиксирован.

Исследования позволили создать рабочий прототип беспроводной зарядки, успешно заряжающий аккумулятор тестового электромобиля на парковке.

Ключевыми преимуществами разработанного решения являются: совместимость с различными марками электротранспорта благодаря использованию индукционной технологии вместо фирменных разъемов и повышенная устойчивость к механическому износу по сравнению с традиционными проводными системами

При этом необходимо отметить, что процесс беспроводной зарядки в текущей реализации требует большего времени по сравнению с проводными аналогами.

Библиографический список

1. Нараянан, Р. Выбор катушек для беспроводных зарядных устройств / Р. Нараянан, В. Рентюк // Компоненты и технологии. – 2015. – № 9. – С. 26 – 32.
2. Основы робототехники / Н. В. Василенко, К. Д. Никитан, В. П. Пономарев, А. Ю. Смолин. – Томск : МГП «РАСКО», 1993. – 470 с.
3. Камнев, В. Н. Чтение схем и чертежей электроустановок : практическое пособие для ПТУ / В. Н. Камнев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1990. – 144 с.
4. Добровольская, Л. А. Передача энергии в системе из двух контуров для беспроводной зарядки технических устройств / Л. А. Добровольская // The Scientific Heritage. – 2020. – № 44-1(44). – С. 53 – 56.

ПРОТОТИП РОБОТА ДЛЯ МОНИТОРИНГА РАСТЕНИЙ

И. А. Чупахин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: ivanchupa1709@gmail.com)

Крупные сельскохозяйственные предприятия и частные фермерские хозяйства, обладающие обширными посевными площадями, сталкиваются с проблемой оперативного мониторинга отдельных участков, особенно требовательных сортов растений, подверженных риску гибели при изменении условий окружающей среды. Мобильный роботизированный комплекс позволяет осуществлять дистанционное наблюдение за растениями, размещаясь на любых участках обрабатываемой территории.

Конструкция робота базируется на легком и прочном акриловом корпусе. Использование акрила в качестве основного материала обеспечивает значительное снижение общего веса конструкции, что очень важно для предотвращения застревания устройства при перемещении [1]. Одновременно такое корпусное решение предоставляет удобный доступ ко всем внутренним компонентам системы, существенно упрощая процесс технического обслуживания, ремонта или модернизации оборудования.

Ходовая система робота реализована на базе четырех независимых электродвигателей, каждый из которых соединен с собственным колесом. Управление двигателями осуществляется через специализированный драйвер шаговых двигателей L298N [2]. Этот контроллер позволяет регулировать параметры движения, включая скорость, направление и ускорение, что особенно важно при работе на сложных участках местности.

Центральным элементом системы мониторинга выступает multifunctional камера ESP32, выполняющая комплекс задач по дистанционному наблюдению. Данный модуль не только обеспечивает возможность удаленного управления движением робота, но и позволяет оператору в реальном времени оценивать состояние растений, выявляя участки, требующие человеческого вмешательства. Камера способна фиксировать видеоинформацию с высоким разрешением, документируя ключевые параметры развития сельскохозяйственных культур [3]. Полученные данные могут быть использованы для своевременного принятия решений о необходимости проведения агротехнических мероприятий.

Энергоснабжение системы организовано с использованием двух аккумуляторов типа 18650, которые обеспечивают продолжительную автономную работу устройства [4]. Особое внимание было уделено оптимальному расположению всех модулей, учитывающему как удобство обслуживания, так и эффективность работы системы в различных условиях эксплуатации.

Разработанная роботизированная платформа представляет собой решение для организации эффективного мониторинга сельскохозяйственных угодий. В числе наиболее важных направлений для последующей модернизации системы можно выделить работы по увеличению времени автономной работы устройства, что особенно актуально для крупных предприятий с обширными площадями посевов. Не менее важной задачей является повышение точности и совершенствование алгоритмов анализа визуальных данных и интеграцию дополнительных датчиков для комплексной оценки состояния растений.

Библиографический список

1. Рубцов, И. В. Применение группы роботов для решения задач сельского хозяйства / И. В. Рубцов, В. И. Рубцов, К. В. Коновалов // Инновации в сельском хозяйстве. – 2018. – № 4. – С. 384 – 391.
2. Рунов, Б. А. Применение и перспективы технологий точного земледелия / Б. А. Рунов, Н. Пильникова // Техника и оборудование для села. – 2009. – № 7. – С. 44 – 46.

3. Робототехнические средства в растениеводстве / И. Г. Смирнов и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 118. – С. 1651 – 1660.

4. Свецкий, А. В. Применение искусственного интеллекта в сельском хозяйстве / А. В. Свецкий // Сельское хозяйство. – 2022. – № 3. – С. 1 – 12.

ОСОБЕННОСТИ ФАЗОВОЙ ПЕЛЕНГАЦИИ НА МАЛЫХ ДИСТАНЦИЯХ

Ю. Р. Азима, Д. А. Лагутин, С. Н. Данилов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail:antonplatov12@gmail.com; lagutin032@mail.ru; plabz@mail.ru)

Фазовый метод измерения углов основан на измерении разности фаз электромагнитных колебаний, принимаемых несколькими антеннами. Метод характеризуется относительно высокой точностью. При этом необходимо устранять неоднозначность отсчета [1, 2]. Разрешение источников излучения (ИИ) обеспечивается разделением по частоте. Но на практике возможна необходимость работы фазового пеленгатора (ФП) на малых расстояниях (десятки метров) – перекрестки дорог, ограниченная заводская территория с перемещением транспорта и т.п. Точность оценки угла при измерении одной угловой координаты фазовым методом можно определить из соотношения $\pi d/\lambda$. Таким образом, при заданной длине волны λ с увеличением расстояния между приемными антеннами d точность фазового метода возрастает. Но обычно выбор значения базы d производится из соображений устранения неоднозначности измерений.

На рисунке 1 показаны две антенны A_1 и A_2 , пеленгуемый объект ПО, перемещающийся по траверсе. Пеленг γ определяется из разности расстояний $ra_1 - ra_2$ с учетом длины волны λ и базы антенной системы d в соответствии с выражением

$$\gamma = \sin\left(2\pi \frac{ra_1 - ra_2}{\lambda}\right).$$

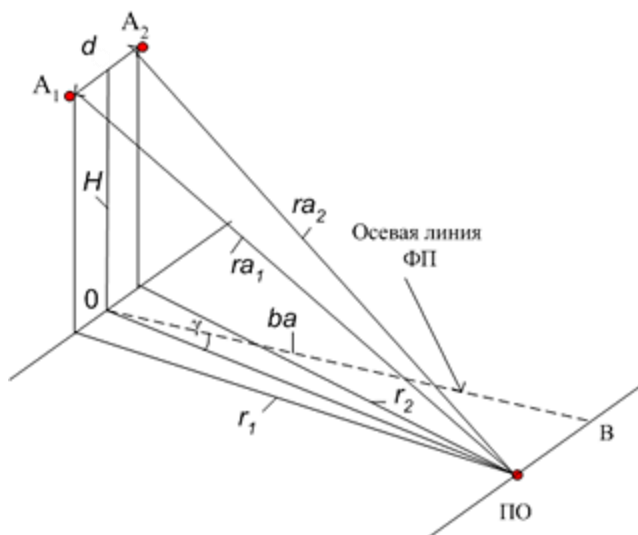


Рис. 1

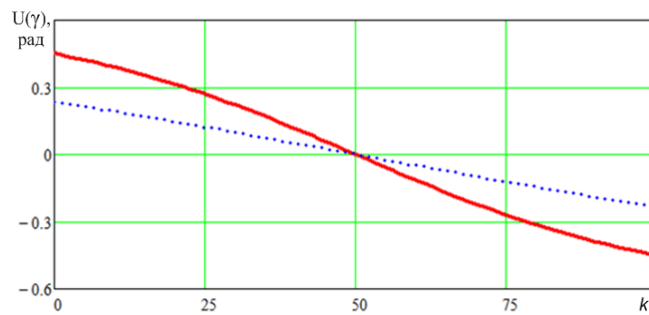


Рис. 2

В результате моделирования в соответствии с геометрическими соотношениями рис. 2 было установлено, что в зависимости от величины расстояния ba (рассматривался диапазон изменения 9...30 м) пеленгационная характеристика имеет вид, показанный на рис. 2. Красная сплошная кривая соответствует $ba = 9$ м, синяя пунктирная – 30 м. Таким образом при измерении максимальная методическая погрешность будет 0,25 радиан при заданных параметрах ФП.

На рисунке 3 показаны области погрешностей для большого угла γ_1 и малого угла γ_2 . Область, обозначенная цифрой 1, соответствует флюктуационной составляющей ошибки. Она не зависит от величины угла γ . Области 2 соответствуют погрешности метода для малой величины угла γ , а области 3 – для большой величины.

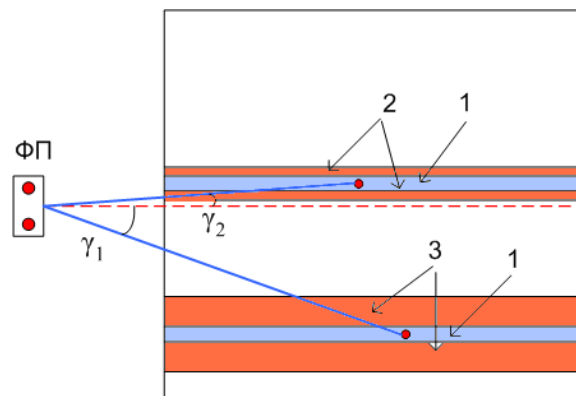


Рис. 3

Библиографический список

1. Данилов, С. Н. Алгоритм функционирования системы угловой коррекции наземной подвижной антенны, синтезированный на основе систем со случайным изменением структуры / С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С 55 – 59.
2. Алгоритм дальномерного канала с учетом информации бортовых датчиков воздушных судов / И. В. Князев, С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк // Радиотехника. – 2013. – № 9.
3. Пудовкин, А. П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.

4. Synthesis of Channel Tracking for Random Process Parameters under Discontinuous Variation / A. P. Pudovkin, Yu. N. Panasyuk, S. N. Danilov, S. P. Moskvitin // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112, P. 1.

5. Synthesis of Algorithm for Range Measurement Equipment to Track Maneuvering Aircraft Using Data on Its Dynamic and Kinematic Parameters / A. P. Pudovkin, Yu. N. Panasyuk, S. N. Danilov, S. P. Moskvitin / Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – V. 1015, Is. 3, article id. 032111.

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ КОЛЕБАНИЯ H_{011} ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ОБЪЕМНОГО РЕЗОНАТОРА ПРИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВОЗМУЩЕНИЯХ В COMSOL Multiphysics

М. А. Суслин, Д. А. Циммер, И. Д. Масловский

Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина»,
Тамбов, Россия
(e-mail: suslinmikh@yandex.ru)

Применение в качестве первичного измерительного преобразователя высокочастотной СВЧ резонансной системы, например, в виде цилиндрического объемного резонатора (ЦОР) позволяет на порядок повысить чувствительность по сравнению с методами на «прохождение» и волноводными. Документ [1] устанавливает методики измерений относительной диэлектрической проницаемости ϵ и тангенса угла диэлектрических потерь $\tan\delta$ твердых диэлектриков в микроволновом диапазоне частот на основе резонансных методов. Метод предполагает применение возмущающих тонких дисков и осесимметричных цилиндров малого диаметра. Анализ других возмущений, а также вышеперечисленных, но большего объема, расширило бы возможности резонансных методов.

Авторами проведен анализ электромагнитного поля колебания H_{011} цилиндрического объемного резонатора (ЦОР) при диэлектрических и металлических возмущениях (в том числе и неосесимметричных) методом конечных элементов в COMSOL Multiphysics.

На рисунке 1 показаны результаты моделирования колебаний H_{111} , E_{010} и E_{011} пустого ЦОР. Модели, полученные в результате расчета методом конечных элементов в COMSOL Multiphysics, совпадают с моделями, полученными в ходе решения уравнения Максвелла, это доказывает корректность расчета в COMSOL Multiphysics.

Проведен анализ при следующих возмущениях: диэлектрический цилиндр с радиусом соизмерим с радиусом ЦОР; диэлектрический диск с радиусом ЦОР переменной высоты над торцевой стенкой, два диэлектрических диска с радиусом ЦОР; диэлектрический и металлический диск меньшего чем у резонатора радиуса, расположенный осе и неосесимметрично (рис. 2); некоторые металлические возмущения, предназначенные для концентрации поля в нужном месте ЦОР. Пример моделирования приведен на рис. 3.

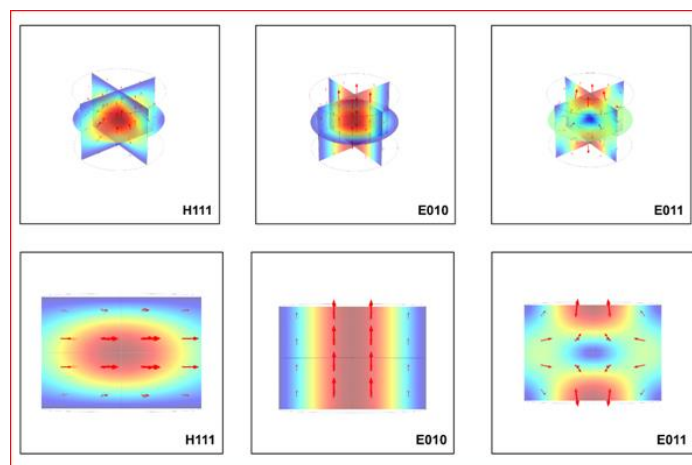


Рис. 1. Электрические поля колебаний H_{111} , E_{010} и E_{011} пустого ЦОР

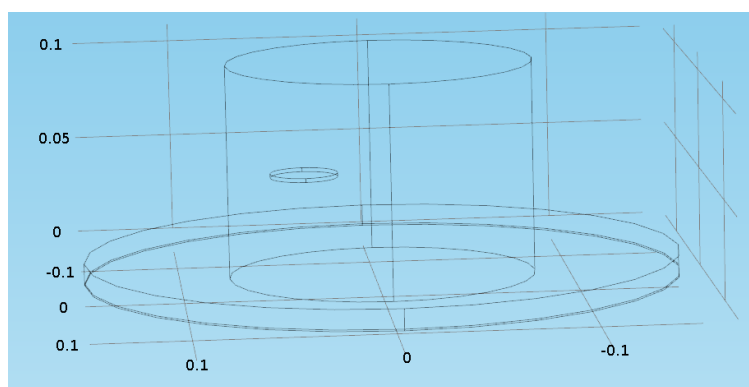


Рис. 2. Геометрия модели резонатора с разрывом между боковой и торцевой стенками и возмущением в виде диэлектрического и металлического диска

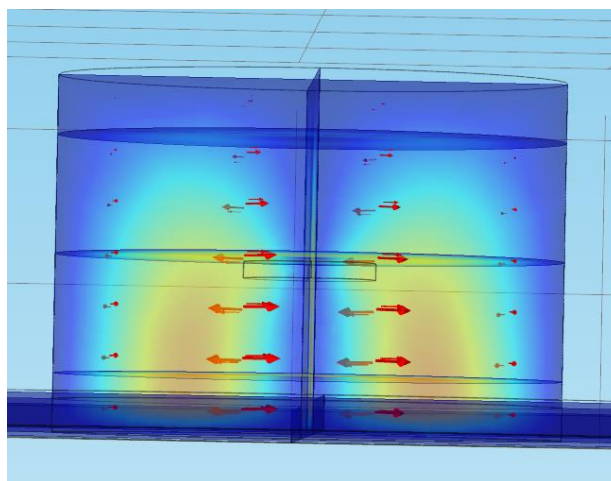


Рис. 3. Пример моделирования электрического поля колебания H_{011} ЦОР с осесимметричным диэлектрическим диском

Библиографический список

1. ГОСТ Р 8.623–2015. Государственная система обеспечения единства измерений. Относительная диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь твердых диэлектриков. Методика измерений в диапазоне сверхвысоких частот. Технические условия. – М. : Стандартинформ, 2016. – 21 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАТФОРМЫ ROBOT OPERATING SYSTEM В ИНТЕРЕСАХ РЕАЛИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АППАРАТОВ

И. А. Хорсик, Р. Р. Шатовкин

МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Россия
(e-mail: horsik.ivan@mail.ru)

Фреймворк Robot Operating System (ROS) представляет собой универсальную платформу для разработки программного обеспечения роботов, включая беспилотные аппараты (БПА). Она предлагает набор инструментов, библиотек и стандартов, которые помогают упростить создание сложного и надежного поведения БПА.

Характеристики ROS, делающие эту платформу удобной для разработки и реализации алгоритмов взаимодействия пункта управления (ПУ) с БПА, а также БПА между собой в группе:

- модульность: ROS позволяет разработчикам использовать и повторно применять код для различных функций БПА, таких как навигация, управление и обработка данных с сенсоров;
- гибкость: ROS поддерживает разнообразные архитектуры и аппаратные платформы, что делает ее отличным выбором для интеграции с различными моделями БПА;
- открытость кода и инструментарий: благодаря открытому коду и множеству доступных инструментов, разработка с использованием ROS не является сложной.

Платформа ROS включает в себя набор библиотек, инструментов и соглашений, при помощи которых создание сложных и надежных робототехнических систем упрощается.

В основе ROS лежит понятие «узлов» (nodes), которые являются процессами, выполняющимися в оборудовании робота. Узлы могут публиковать сообщения в определенные темы (topics), а другие узлы могут подписываться на эти темы для получения обновлений. Это позволяет, например, БПА DJI Tello и Turtlebot3 обмениваться данными посредством публикации и подписки на сообщения.

Так, например, БПА DJI Tello может публиковать сообщения о своем текущем положении, а Turtlebot3 – подписываться на эти сообщения и обрабатывать их для выполнения своих действий, таких как движение или обнаружение препятствий. Эта архитектура делает ROS идеальной для их синхронизации и координации действий.

Использование ROS также обеспечивает дополнительное преимущество в виде доступа к широкому спектру уже разработанных инструментов и пакетов, которые могут быть использованы для ускорения разработки и облегчения интеграции различных устройств.

Платформа ROS имеет ряд функций, позволяющих реализовать взаимодействие в условиях слабого и пропадающего сигнала [1, 2].

1. Оффлайн-работа: ROS позволяет БПА работать автономно – они могут выполнять задачи, даже если сигнал сети слабый или отсутствует. Данные с сенсоров могут быть собраны и сохранены для последующего анализа, когда сеть снова станет доступной.

2. Публикация и подписка на сообщения: несмотря на проблемы с сетью, ROS все равно позволяет БПА общаться между собой и с ПУ через механизм публикации и подписки на сообщения. Это означает, что если один БПА получает какую-либо информацию, он может разделить ее со всеми остальными БПА в группе, даже если они не могут напрямую связаться с источником данных.

3. Сетевая отказоустойчивость: ROS организована таким образом, чтобы поддерживать отказоустойчивость сети. Это означает, что если сетевое соединение становится недоступным, система автоматически переключится на использование других доступных соединений, позволяя БПА продолжать функционировать.

4. Использование набора данных SLAM: для навигации БПА функционал ROS позволяет создавать карты окружающей среды за счет технологии одновременной локализации и картографирования (SLAM) [3]. Это позволяет БПА уклоняться от препятствий и выдерживать маршрут даже в условиях слабого сигнала.

5. Разнообразие поддерживаемых сенсоров: ROS поддерживает расширенный набор сенсоров, которые могут помочь в условиях слабого или отсутствующего сигнала. Например, ультразвуковые датчики, инфракрасные датчики и лидары могут быть использованы для сбора данных об окружающей обстановке.

Однако важно отметить, что хотя платформа ROS имеет средства для работы в условиях слабого сигнала, ни одна система не может полностью компенсировать проблемы, вызванные потерей сетевого соединения. Для успешной работы БПА его системы должны быть правильно сконфигурированы и синхронизированы.

Библиографический список

1. Марченко, Е. П. Основные понятия о Robot Operating System и ее компонентах / Е. П. Марченко // Вопросы науки и образования. – 2017. – С. 36 – 41.
2. Quigley Morgan, Gerkey Brian, Smart William D. Programming Robots with ROS: A Practical Introduction to the Robot Operating System. – 2015. – P. 417.
3. Grimmett Richard. Raspberry Pi Robotic Projects. – 2016. – P. 238.

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ И АЛГОРИТМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АППАРАТОВ НА ОСНОВЕ ПЛАТФОРМЫ ROBOT OPERATING SYSTEM

И. А. Хорсик

МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Россия
(e-mail: horsik.ivan@mail.ru)

Реализация взаимодействия беспилотных аппаратов (БпА) DJI Tello Edu и Turtlebot3 на платформе Robot Operating System (ROS) подразумевает установку ряда библиотек для языка программирования Python:

- `djitellopy` – библиотека, позволяющая давать команды Tello Edu на языке Python;
- `rospy` – библиотека, которая может взаимодействовать со всеми компонентами ROS;
- `cv2` – библиотека компьютерного зрения, предназначенная для обработки изображений;
- `geometry_msgs` – эта библиотека предоставляет сообщения для пространственных геометрических примитивов, таких, как точки, векторы и положения;
- `std_msgs` – эта библиотека предоставляет сообщения в виде команд;
- `cv_bridge` – это пакет для преобразования между ROS и OpenCV и форматами изображений;
- `move_base_msgs.msg` – подкаталог узлов, позволяющий дрону двигаться по квадрату;
- `sensor_msgs.msg` – этот пакет предоставляет множество сообщений и служб, относящихся к сенсорным устройствам;
- `actionlib` – пакет `actionlib` предоставляет инструменты для создания серверов, выполняющих долгосрочные задачи, которые могут быть вытеснены. Он также предоставляет клиентский интерфейс для отправки запросов на сервер;
- `tf` (TensorFlow) – библиотека, предназначенная для создания нейронной сети.

Взаимодействие БпА целесообразно реализовать в рамках локальной сети, что обусловливается преимуществами ее применения [1, 2].

1. Большая скорость передачи данных: LAN обеспечивает, как правило, более высокую пропускную способность, что может быть полезным для обмена большими объемами данных.

2. Большой диапазон: Local Area Networks (LAN), особенно те, которые работают через Wi-Fi, как правило, предлагают больший диапазон, чем прямое беспроводное соединение.

3. Надежность: если Wi-Fi маршрутизатор, ассоциированный с LAN, откажет, сеть продолжит работать. При прямом беспроводном соединении отказ одного устройства может привести к потере связи.

На рисунке 1 проиллюстрирован алгоритм реализации на основе платформы ROS взаимодействия с пунктом управления (ПУ) и между собой двух видов БпА – DJI Tello и Turtlebot3.

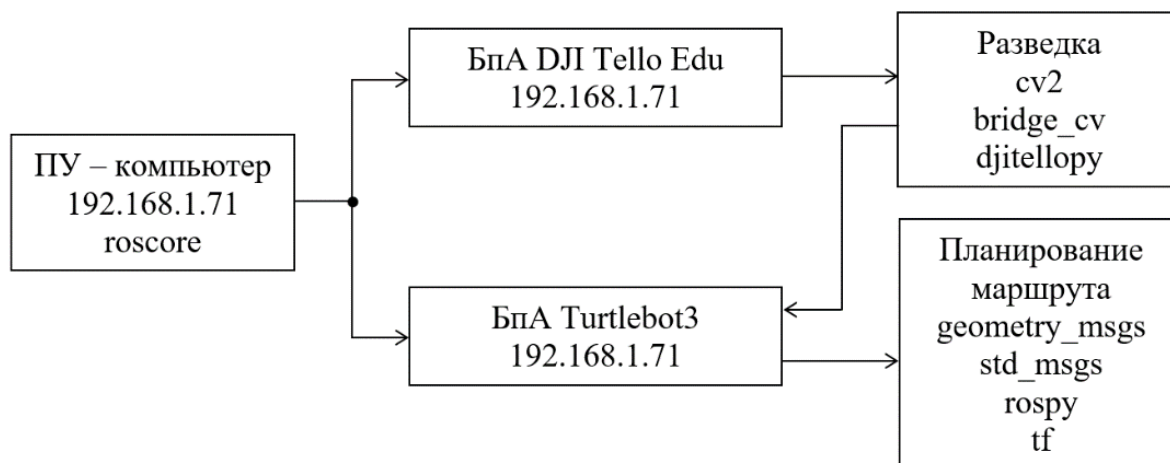


Рис. 1. Схема взаимодействия БпА DJI Tello Edu и Turtlebot3

Схема алгоритма состоит из следующих шагов:

Шаг 1. ПУ и БпА подсоединяются к одному IP-адресу.

Шаг 2. Происходит подключение всех БпА.

Шаг 3. Начинает работу БпА DJI Tello Edu – он разведывает территорию и при помощи библиотеки cv2 отмечает определенные объекты и запоминает их.

Шаг 4. БпА DJI Tello Edu публикует сообщение об изображении, чтобы его могли получить другие узлы ROS.

Шаг 5. Обработанные изображения БпА DJI Tello Edu отправляет Turtlebot3 для построения карты с использованием технологии SLAM.

Шаг 6. БпА Turtlebot3 на основе обработанных изображений строит карту и рассчитывает оптимальный маршрут (пакет geometry_msgs показывает координаты передвижения БпА Turtlebot3).

Библиографический список

1. Лазарев, В. С. Разработка математической модели БПЛА на базе квадрокоптера с рамой DJI F-450/ В. С. Лазарев, А. А. Лащев // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 2. – URL : ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/5001
2. Melchior, Nik A. Particle RRT for Path Planning with Uncertainty / Melchior, Nik A., Reid Simmons // IEEE Robotics and Automation. – 2007. – P. 1617 – 1628.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МАНЕВРЕННОГО ДВИЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ВЕРТОЛЕТНОГО ТИПА

А. А. Худяков, Р. Р. Шатовкин

МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Россия
(e-mail: hudyakov@mirea.ru)

В интересах разработки математической модели маневренного движения беспилотного летательного аппарата (БПЛА) вертолетного типа был проведен натурный летный эксперимент.

Результаты проведенных исследований показали, что опытной плотности распределения вероятностей $f^*(a^{\text{BM}})$ на полученном интервале принимаемых значений $a^{\text{BM}} \in [-13,312; 12,709]$ м/с² соответствует гипотеза о гауссовском распределении

$$f(a^{\text{BM}}) = \frac{1}{\sigma_a^{\text{BM}} \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{(a^{\text{BM}} - m_a^{\text{BM}})^2}{2\sigma_a^{\text{BM}2}} \right\}, \quad (1)$$

где математическое ожидание $m_a^{\text{BM}} = 0$ м/с² и среднеквадратическое отклонение $\sigma_a^{\text{BM}} = 5$ м/с².

В результате аппроксимации опытной нормированной корреляционной функции (НКФ) $K_a^{\text{BM}*}(k\Delta t)$ теоретической НКФ $K_a^{\text{BM}}(\tau)$ было получено значение величины, обратной постоянной времени изменения радиального ускорения БПЛА вертолетного типа при маневренном движении, $\alpha_a^{\text{BM}} = 0,5$ с⁻¹.

Полученные значения параметров m_a^{BM} , σ_a^{BM} и α_a^{BM} характеризуют случай маневра БПЛА вертолетного типа и использованы в системе уравнений, описывающей его движение, которая в непрерывном времени имеет вид

$$\begin{cases} \dot{D}(t) = V(t); \\ \dot{V}(t) = a(t); \\ \dot{a}(t) = -\alpha_a^{\text{BM}} a(t) + \xi_a^{\text{BM}}(t), \end{cases} \quad (2)$$

где $D(t)$ – дальность до БПЛА; $V(t)$ – радиальная скорость БПЛА; $a(t)$ – радиальное ускорение БПЛА; $\xi_a^{\text{BM}}(t)$ – формирующий шум радиального ускорения БПЛА вертолетного типа при маневренном движении.

Используя корреляционную функцию (КФ) [1]

$$R_a^{\text{BM}}(\tau) = \sigma_a^{\text{BM}2} K_a^{\text{BM}}(\tau), \quad (3)$$

изменение радиального ускорения БПЛА можно описать белым шумом. Для этого следует применить преобразование Лапласа к КФ $R_a^{\text{BM}}(\tau)$:

$$R_a^M(p) = Z\{R_a^{BM}(\tau)\} = \sigma_a^{BM2} \left[\frac{1}{p + \alpha_a^{BM}} - \frac{1}{p - \alpha_a^{BM}} \right] \sigma_a^{BM2} \frac{-2\alpha_a^{BM}}{(p + \alpha_a^{BM})(p - \alpha_a^{BM})} =$$

$$= H_a^{BM}(p) H_a^{BM}(-p) W_a^{BM}(p), \quad (4)$$

где

$$H_a^{BM}(p) = \frac{1}{p + \alpha_a^{BM}}; \quad (5)$$

$$W_a^{BM}(p) = 2\alpha_a^{BM} \sigma_a^{BM2}; \quad (6)$$

$H_a^{BM}(p)$ – преобразование Лапласа от переходной характеристики «отбеливающего» фильтра для радиального ускорения $a(t)$; $W_a^{BM}(p)$ – преобразование Лапласа от белого шума $\xi_a^{BM}(t)$, формирующего в модели (2) информационный параметр – радиальное ускорение $a(t)$.

Тогда КФ $K_{\xi a}^{BM}(\tau)$ белого шума $\xi_a^{BM}(t)$ удовлетворяет равенству

$$K_{\xi a}^{BM}(\tau) = 2\alpha_a^{BM} \sigma_a^{BM2} \delta(\tau). \quad (7)$$

Это позволяет записать модель маневренного движения БПЛА вертолетного типа в дискретном времени в следующем виде

$$\begin{cases} D_{k+1} = D_k + V_k T + a_k \frac{\alpha_a^{BM} T + \exp\{-\alpha_a^{BM} T\} - 1}{\alpha_a^{BM2}}; \\ V_{k+1} = V_k + a_k \frac{1 - \exp\{-\alpha_a^{BM} T\}}{\alpha_a^{BM}}; \\ a_{k+1} = a_k \exp\{-\alpha_a^{BM} T\} + \xi_{ak}^{BM}, \end{cases} \quad (8)$$

где ξ_{ak}^{BM} – дискретная последовательность белого гауссовского шума с дисперсией $2\alpha_a^{BM} \sigma_a^{BM2}$; T – интервал дискретизации.

Таким образом, разработана математическая модель маневренного движения БПЛА вертолетного типа в непрерывном и дискретном времени, описывающая изменение дальности, радиальной скорости и радиального ускорения. На основе результатов натурного летного эксперимента определены параметры этой модели.

Библиографический список

1. Шатовкин, Р. Р. Моделирование функционирования системы управления вооружением истребителя в режиме радиолокационного молчания : монография / Р. Р. Шатовкин. – Воронеж : Изд-во ВАИУ, 2010. – 328 с.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДВИЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ВЕРТОЛЕТНОГО ТИПА ПРИ ЗАВИСАНИИ

А. А. Худяков

МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Россия
(e-mail: hudyakov@mirea.ru)

В интересах разработки математической модели движения беспилотного летательного аппарата (БпЛА) вертолетного типа при зависании был проведен натурный летный эксперимент.

Результаты проведенных исследований показали, что опытными плотностями распределения вероятностей соответствуют гипотезы о гауссовском распределении:

– опытной плотности $f^*(a^{B3})$ на полученном интервале принимаемых значений $a^{B3} \in [-6,807; 9,789]$ м/с² соответствует

$$f(a^{B3}) = \frac{1}{\sigma_a^{B3} \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{(a^{B3} - m_a^{B3})^2}{2\sigma_a^{B32}} \right\}, \quad (1)$$

где математическое ожидание $m_a^{B3} = 0$ м/с² и среднеквадратическое отклонение (СКО) $\sigma_a^{B3} = 3$ м/с²;

– опытной плотности $f^*(V^{B3})$ на полученном интервале принимаемых значений $V^{B3} \in [-2,205; 2,69]$ м/с соответствует

$$f(V^{B3}) = \frac{1}{\sigma_V^{B3} \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{(V^{B3} - m_V^{B3})^2}{2\sigma_V^{B32}} \right\}, \quad (2)$$

где математическое ожидание $m_V^{B3} = 0$ м/с и СКО $\sigma_V^{B3} = 0,8$ м/с;

– опытной плотности $f^*(D^{B3})$ на полученном интервале принимаемых значений $D^{B3} \in [-1,005; 1,125]$ м соответствует

$$f(D^{B3}) = \frac{1}{\sigma_D^{B3} \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{(D^{B3} - m_D^{B3})^2}{2\sigma_D^{B32}} \right\}, \quad (3)$$

где математическое ожидание $m_D^{B3} = 0$ м и СКО $\sigma_D^{B3} = 0,5$ м.

В результате аппроксимации опытных нормированных корреляционных функций (НКФ) $K_a^{B3*}(k\Delta t)$, $K_V^{B3*}(k\Delta t)$, $K_D^{B3*}(k\Delta t)$ соответствующими теоретическими НКФ $K_a^{B3}(\tau)$, $K_V^{B3}(\tau)$, $K_D^{B3}(\tau)$ были получены значения: $\alpha_a^{B3} = 3,5$ с⁻¹ – величина, обратная постоянной времени изменения радиального ускорения БпЛА вертолетного типа при зависании; $\alpha_V^{B3} = 2,5$ с⁻¹ – величина, обратная

постоянной времени изменения радиальной скорости БПЛА вертолетного типа при зависании; $\alpha_D^{B3} = 2,5 \text{ с}^{-1}$ – величина, обратная постоянной времени изменения дальности БПЛА вертолетного типа при зависании.

Тогда уравнения, описывающие движение БПЛА при зависании, в непрерывном времени имеют вид

$$\begin{cases} \dot{D}(t) = -\alpha_D^{B3} V(t) + \xi_D^{B3}(t); \\ \dot{V}(t) = -\alpha_V^{B3} V(t) + \xi_V^{B3}(t); \\ \dot{a}(t) = -\alpha_a^{B3} a(t) + \xi_a^{B3}(t), \end{cases} \quad (4)$$

где $\xi_a^{B3}(t)$, $\xi_V^{B3}(t)$, $\xi_D^{B3}(t)$ – формирующие шумы радиального ускорения, радиальной скорости и дальности до БПЛА вертолетного типа, соответственно, при зависании.

Используя корреляционные функции (КФ) вида [1]

$$R_a^{B3}(\tau) = \sigma_a^{B32} K_a^{B3}(\tau); \quad (5)$$

$$R_V^{B3}(\tau) = \sigma_V^{B32} K_V^{B3}(\tau); \quad (6)$$

$$R_D^{B3}(\tau) = \sigma_D^{B32} K_D^{B3}(\tau), \quad (7)$$

изменение параметров движения БПЛА можно описать белым шумом. Для этого следует применить преобразование Лапласа к функциям $R_a^{B3}(\tau)$, $R_V^{B3}(\tau)$ и $R_D^{B3}(\tau)$.

Это позволяет записать модель движения БПЛА вертолетного типа при зависании в дискретном времени в следующем виде:

$$\begin{cases} D_{k+1} = D_k \exp\{-\alpha_a^{B3} T\} + \xi_{Dk}^{B3}; \\ V_{k+1} = V_k \exp\{-\alpha_V^{B3} T\} + \xi_{Vk}^{B3}; \\ a_{k+1} = a_k \exp\{-\alpha_a^{B3} T\} + \xi_{ak}^{B3}, \end{cases} \quad (8)$$

где ξ_{ak}^{B3} , ξ_{Vk}^{B3} , ξ_{Dk}^{B3} – дискретные последовательности гауссовского белого шума с дисперсиями $2\alpha_a^{B3}\sigma_a^{B32}$, $2\alpha_V^{B3}\sigma_V^{B32}$ и $2\alpha_D^{B3}\sigma_D^{B32}$ соответственно.

Таким образом разработана математическая модель движения БПЛА вертолетного типа при зависании, описывающая изменение дальности, радиальной скорости и радиального ускорения. На основе результатов натурного летного эксперимента определены параметры этой модели.

Библиографический список

1. Шатовкин, Р. Р. Моделирование функционирования системы управления вооружением истребителя в режиме радиолокационного молчания : монография / Р. Р. Шатовкин. – Воронеж : Изд-во ВАИУ, 2010. – 328 с.

СТАЦИОНАРНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ЗЕРНА В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Н. В. Ширяева

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: natasha.0.06@mail.ru)

Одной из проблем в сельском хозяйстве является определение влажности зерна. Точнее, невозможность максимально точного определения уровня влажности зерна сразу после уборки. Измерить влажность можно только непосредственно в зерноприемных пунктах или элеваторах, где проводятся лабораторные исследования и только после этого принимается решение, куда отправить зерно дальше: сушиться или уже по месту своего назначения. Из-за того, что уровень влажности не может быть определен на месте или неподалеку от места сбора, теряются такие важные ресурсы, как время, бензин, возникают дополнительные сложности с разгрузкой и повторной погрузкой зерна, если идет речь о бортовых зерновозах.

Решением данного вопроса может стать стационарная система, позволяющая замерять уровень влажности зерна в грузовике прямо или недалеко от поля, с которого собирают урожай зерна.

В настоящий момент существует множество устройств, которые могут измерять влажность зерна. Наиболее распространены влагомеры, работающие по двум измерительным методикам: диэлькометрической и кондуктометрической [1]. Измерители кондуктометрического типа снабжены специальными иглами-датчиками, которые вводятся в измеряемое тело для получения электрического сопротивления. Полученные параметры пересчитываются в процент влаги. Смысл данного метода в том, что электросопротивление материала изменяется в зависимости от степени его увлажнения. Главными достоинствами кондуктометрических влагомеров являются высокая скорость получения результатов измерений и простота конструкции и, как следствие, эксплуатации.

Такие влагомеры могут быть бесконтактными или игольчатыми. Игольчатые имеют острые чувствительные электроды, которые предназначены для погружения в исследуемый образец. Данные модели устанавливают сопротивление электрического тока, и на основании этого значения отображают результаты содержания влаги в образце.

Однако уже существующие кондуктометрические влагомеры позволяют определять влажность уже убранной продукции и не позволяют принять оптимальное решение в момент распределения груженных машин по дальнейшим их станциям.

Существующие мобильные станции имеют множество недостатков, таких как:

1. Быстрый выход из строя (поломка, потеря, вследствие его размеров).
2. Количество закупаемых образцов (обеспечить придется каждого водителя).

3. Неудобство использования, трата времени (придется выходить и машины, лезть в кузов).

Для решения этих проблем была разработана некоего рода стационарная система для измерения влажности зерна, которая позволит измерять уровень влажности в кузове грузовика прямо в поле, что уменьшит общие затраты. В ходе работы была создана 3D-модель этой станции. Она представлена на рис. 1.

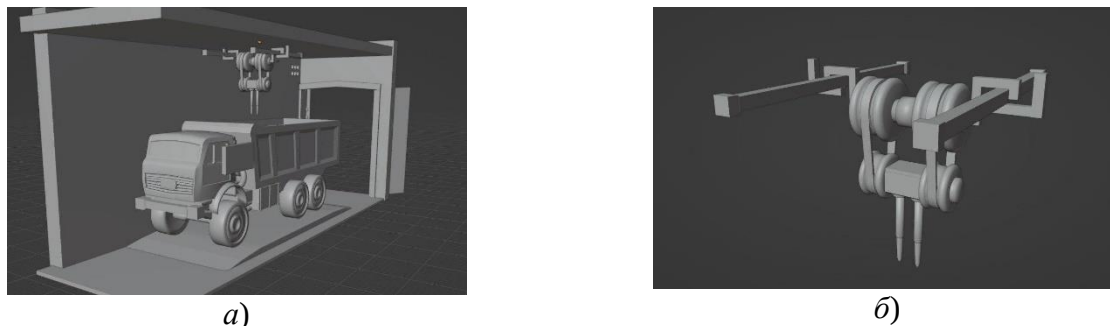


Рис. 1. Модель стационарной системы определения влажности зерна:
а – общий вид системы; *б* – конструкция измерительного датчика

Преимущества нашей стационарной системы.

1. Долговечность и надежность (установка находится в здании, размер конструкции также обеспечивает надежность).
2. Количество станций относительно обслуживаемого ей количества транспорта (одна станция может обслужить неограниченное количество машин).
3. Скорость выполнения измерений (одна машина в минуту).
4. Автоматизация (для измерений не требуются усилия человека).

Библиографический список

1. Волошин, Е. В. Зерноведение с основами растениеводства : учебное пособие / Е. В. Волошин // Лань : электронно-библиотечная система. – Оренбург : ОГУ, 2019. – 97 с. – URL : <https://e.lanbook.com/book/160028> (дата обращения: 20.04.2025).

Секция 2
**СОВРЕМЕННЫЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ,
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ
И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ**

**МЕТОДЫ АППАРАТНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ
СРЕДСТВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ**

К. С. Кутаев

Московский государственный технический университет
имени Н. Э. Баумана, Москва, Россия
(e-mail: kutaevks@student.bmstu.ru)

Производительность программного обеспечения (ПО) является критически важным аспектом в современных средствах обработки информации. Эффективная работа ПО позволяет рационально использовать вычислительные ресурсы, что особенно важно в высокопроизводительных вычислениях, облачных сервисах и встроенных системах [1]. Профилирование ПО играет ключевую роль в выявлении узких мест производительности.

Можно выделить два основных подхода к профилированию: с помощью ПО и на основе аппаратных средств. Программные методы включают вставку дополнительного кода в ПО. Аппаратное профилирование использует возможности процессора для сбора информации о производительности с минимальным влиянием на профилируемое ПО [2]. Рассмотрим несколько ключевых методов аппаратного профилирования.

Аппаратные счетчики производительности (Hardware Performance Counters, HPC) представляют собой регистры, которые подсчитывают различные аппаратные события. Они являются частью блока мониторинга производительности процессора и используются для отслеживания широкого спектра событий [3].

Профилирование на основе событий (Event-Based Sampling, EBS) также использует HPC для сбора данных. Метод основан на периодической или событийно-ориентированной выборке состояния ПО. Принцип работы EBS заключается в программировании счетчика на определенное количество событий, после достижения которого генерируется прерывание, в котором регистрируется состояние ПО.

Профилирование на уровне инструкций (Instruction-Level Profiling) позволяет выявить то, как время выполнения программы распределяется между отдельными инструкциями. Собираемые данные могут включать время выполнения каждой инструкции, информацию о задержках в конвейере процессора, использование ресурсов и взаимодействие между инструкциями.

Динамическое инструментирование (Dynamic Instrumentation) представляет собой метод профилирования, который позволяет добавлять код для мониторинга программы во время ее выполнения. Он собирает данные о производи-

тельности: количество вызовов функций, время их выполнения, использование памяти, значения переменных и прочие метрики.

В таблице 1 приведено сравнение основных характеристик рассмотренных методов аппаратного профилирования.

1. Сравнение характеристик методов аппаратного профилирования

Характеристика	HPC	EBS	Instruction-Level Profiling	Dynamic Instrumentation
Принцип работы	Подсчет аппаратных событий	Выборка по событиям	Анализ выполнения инструкций	Внедрение инструкций мониторинга
Накладные расходы	Очень низкие	Низкие	Высокие	Низкие
Уровень детализации	Средний	Функциональный	Очень высокий	Средний высокий
Доступные инструменты	perf, VTune, PAPI, Nsight, uProf, HCP SDK	uProf, Streamline, tprof, KCachegrind	SimICS, Nsight, DynamoRIO	GTPin, Datadog DI, VS Profiler, CA APM, Paradyn
Точность	Средняя	Средняя высокая	Высокая	Средняя высокая

Выбор конкретного метода зависит от целей профилирования, требований к точности и детализации, а также допустимых накладных расходов.

Библиографический список

1. Бардик, Э. Р. Анализ временной и пространственной сложности программных систем / Э. Р. Бардик, А. И. Власов, П. Д. Киселев // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития. – 2024. – С. 203 – 205.
2. Patel, R. Survey of Embedded Software Profiling Methodologies / R. Patel, A. A Rajwat // International Journal of Embedded Systems and Applications. – 2013. – No. 1(2). – P. 19 – 40.
3. Industry 4.0 Visual Tools for Digital Twin System Design / V. A. Shakhnov, A. E. Kurnosenko, A. A. Demin, A. I. Vlasov // Software Engineering Perspectives in Intelligent Systems. – 2020. – V. 2. – P. 864 – 875.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ КОГНИТИВНЫХ ИСКАЖЕНИЙ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА

Т. М. Фатхутдинов

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана,
Москва, Россия
(e-mail: fatkhutdinovtm@gmail.com)

Воздействие психических расстройств представляет собой большую глобальную проблему. По оценкам специалистов всемирной организация здравоохранения (ВОЗ), ежегодные потери производительности труда из-за психических расстройств составляют один триллион долларов. Когнитивные искажения, представляющие собой ошибки мышления, играют ключевую роль в развитии и усугублении этих расстройств [1]. Именно поэтому детектирование когнитивных искажений человека-оператора сегодня настолько актуально.

Для решения проблемы детектирования когнитивных искажений целесообразно выбирать реализацию с использованием искусственного интеллекта, так как невозможно самостоятельно выявить все взаимосвязи между голосом, словами, мимикой, жестами наличием когнитивного искажения, а детектирование когнитивных искажений можно представить как стандартную задачу распознавания образов [2], аналогичную определению эмоционального состояния человека [3].

Для создания искусственного интеллекта, способного к детектированию когнитивных искажений, необходим большой объем размеченных данных для обучения [4], что является проблемой на текущий момент, так как корректно определять когнитивные искажения могут только психотерапевты и нейропсихологи с медицинским образованием, а объем открытых размеченных данных крайне мал.

Из-за недостатка в объеме размеченных данных необходимо искать способы создания искусственного интеллекта без необходимости в большой обучающей выборке. Одним из возможных решений является использование больших языковых моделей, так как они обобщают все известные им знания. Наиболее подходящем способом взаимодействия с большой языковой моделью в подобных задачах является метод «нулевого выстрела» или «нескольких выстрелов», при котором большой языковой модели показывают несколько примеров с объяснением, и она на основании полученных примеров пытается определить логику по выявленному из примеру шаблону и известной ей информации.

Подход использования готового искусственного интеллекта для решения задач, на которых его не обучали, набирает все большую популярность в различных сферах. Ярким примером подхода «нулевого выстрела» является задача перевода текста с языка на язык, на которых искусственный интеллект не обучался делать перевод напрямую, но может это делать с высокой точностью, так как обучался на данных, которые переводят оба эти языка на английский [5].

Реализованные проекты, использующие эти методы, показывают эффективность такого подхода.

Таким образом, можно заключить, что использование больших языковых моделей в кооперации с методами дообучения «нулевого выстрела», «нескольких выстрелов» является перспективным направлением для детектирования когнитивных искажений, так как решает проблему отсутствия больших обучающих выборок и сокращает время на реализацию искусственного интеллекта.

Библиографический список

1. Власов, А. И. Медико-диагностические экспертные системы для оценки адекватности адаптивной реакции организма на воздействие экстремальных факторов / А. И. Власов, А. Ф. Конькова // Конверсия. – 1995. – № 9-10. – С. 18 – 21.
2. Аверьянихин, А. Е. Иерархическая пирамидальная субдискретизация в глубоких сверточных сетях для распознавания визуальных образов / А. Е. Аверьянихин, А. И. Власов, Е. В. Евдокимова // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2021. – Т. 23, № 1. – С. 17 – 31.
3. Система автоматического анализа методов распознавания эмоционального состояния человека / А. И. Власов, И. Т. Ларионов, А. Н. Орехов, Л. В. Тетик // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2021. – Т. 23, № 6.
4. Власов, А. И. Анализ данных с использованием гистограммной модели комбинации признаков / А. И. Власов, С. Ю. Папулин // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2019. – Т. 21, № 5. – С. 18 – 27.
5. Володина, Д. В. Возможности использования больших языковых моделей при выполнении перевода студентами технического вуза / Д. В. Володина, Ю. С. Юрьева // вестник Омского государственного педагогического университета. Гуманитарные исследования. – 2025. – № 1(46). – С. 139 – 144.

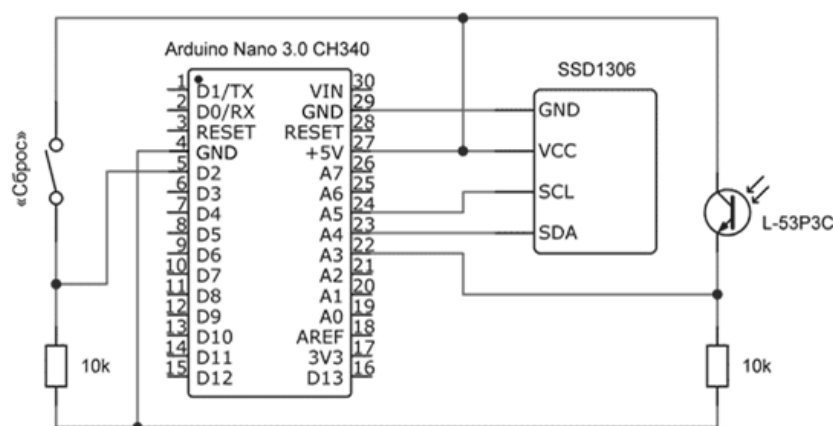
ИЗМЕРИТЕЛЬ СКОРОСТИ ЗАТВОРА ФОТОКАМЕР НА МИКРОКОНТРОЛЕРЕ

И. В. Тюрин, Д. А. Матвеев, М. А. Фомин

**Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: crems@mail.tstu.ru)**

В настоящее время, несмотря на обилие и доступность цифровой фототехники различной ценовой категории, многие фотографы, в том числе профессиональные, используют классические пленочные камеры с механическим (или электромеханическим) затвором. Кроме того, среди молодежи возникло желание прикоснуться к миру аналоговой фотографии. Особый интерес представляет использование фотокамер, выпущенных более 40 – 70 лет назад, которые, будучи в исправном состоянии, способны выдавать прекрасный результат на современные фотоматериалы. Однако использование старой техники возможно после профилактического обслуживания, в том числе проверки

корректности обработки экспозиции. Для оценки скорости срабатывания затвора можно использовать специальные тестеры, но они достаточно дороги и предназначены для использования в крупных сервисных центрах. Достаточно точный их аналог можно изготовить на основе микроконтроллера, что в сочетании с широчайшим спектром совместимых модулей расширения, датчиков и прочих компонентов дает практически неограниченные возможности по созданию самых разнообразных электронных и электромеханических устройств.



Чем больше интенсивность света, попадающего на фототранзистор, тем больше он открывается, подавая на вход АЗ большее напряжение. В темноте фототранзистор закрывается, фактически разрывая указанную цепь. Для снижения паразитных наводок в цепи при закрытом фототранзисторе вход АЗ через резистор с номиналом 10 кОм выведен на общий провод схемы (вход «GND»). Микроконтроллер измеряет продолжительность входного импульса, поданного на аналоговый вход АЗ, и после обработки в соответствии с программой, заложенной в его прошивке, выводит результат измерения на дисплей.

Библиографический список

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ: ПОДХОД К ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ

И. В. Тюрин, Д. А. Матвеев, М. А. Фомин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: crems@mail.tstu.ru)

Электродвигатели – это настоящие рабочие лошадки современной промышленности. Они приводят в движение станки, насосы, вентиляторы и бесчисленное множество других устройств. Но просто включить и выключить двигатель – это уже вчерашний день. Сегодня на арену выходят интеллектуальные системы управления электродвигателями (ИСУЭД), которые позволяют не просто управлять, а оптимизировать их работу. Что же такое ИСУЭД и почему они так важны? Представьте себе систему, которая постоянно следит за состоянием двигателя, анализирует его работу в реальном времени и автоматически подстраивает параметры управления для достижения максимальной эффективности. Это и есть суть ИСУЭД. Они используют сложные алгоритмы, машинное обучение и другие передовые технологии для следующих задач:

- оптимизация энергопотребления. ИСУЭД позволяют снизить потребление электроэнергии, адаптируя работу двигателя к текущей нагрузке. Это особенно важно в условиях постоянно растущих цен на электроэнергию и стремления к экологической устойчивости;
- повышение надежности и продление срока службы. Постоянный мониторинг состояния двигателя позволяет выявлять потенциальные проблемы на ранних стадиях и предотвращать аварии. Это снижает затраты на ремонт и замену оборудования;
- улучшение производительности. ИСУЭД позволяют точно контролировать скорость, крутящий момент и другие параметры двигателя, что приводит к повышению производительности оборудования и улучшению качества продукции;
- автоматизация процессов. ИСУЭД могут интегрироваться с другими системами автоматизации предприятия, что позволяет создавать комплексные решения для управления производством.

ИСУЭД обычно включают в себя следующие компоненты:

- датчики, которые собирают данные о состоянии двигателя, такие как температура, вибрация, ток, напряжение и скорость вращения;
- контроллер, который обрабатывает данные, полученные от датчиков, и принимает решения о том, как управлять двигателем;
- алгоритмы управления, использующие сложные математические модели и машинное обучение для оптимизации работы двигателя;
- интерфейс пользователя, предоставляющий оператору информацию о состоянии двигателя и позволяющий ему настраивать параметры управления.

Преимуществами от внедрения ИСУЭД являются снижение затрат на электроэнергию, увеличение срока службы оборудования, повышение производительности, сокращение времени простоя, а также улучшение безопасности.

В заключение следует отметить, что интеллектуальные системы управления электродвигателями – это не просто модный тренд, а необходимый инструмент для повышения эффективности и конкурентоспособности современных предприятий. ИСУЭД позволяют не только экономить энергию и деньги, но и обеспечивают более надежную и безопасную работу оборудования. В будущем, с развитием технологий, роль ИСУЭД будет только возрастать, делая их неотъемлемой частью любой современной промышленной системы.

Библиографический список

1. Поляков, А. Е. Основы теории интеллектуального управления энергосберегающими режимами : учебное пособие для вузов / А. Е. Поляков, М. С. Иванов ; под ред. А. Е. Полякова. – СПб. : Лань, 2022. – 284 с.
2. Остроух, А. В. Интеллектуальные информационные системы и технологии : монография / А. В. Остроух, А. Б. Николаев. – 3-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2023. – 308 с.

АЛГОРИТМЫ МОНИТОРИНГА И ВИЗУАЛИЗАЦИИ СОСТОЯНИЯ ЭНЕРГОЕМКИХ ОБЪЕКТОВ

П. А. Бородин, Г. Е. Курбатов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: pavel_borodin_01@mail.ru; german_kurbatov@mail.ru)

Мониторинг и визуализация состояния энергоемких объектов – это важные аспекты управления энергетической эффективностью и управления ресурсами. В данной статье будут рассмотрены несколько алгоритмов и методов, которые используются для этой цели:

1. Алгоритмы сбора данных.

Системы SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) – предоставляют инструменты для сбора и обработки данных в реальном времени.

IoT-устройства – используют сенсоры для сбора данных о состоянии объектов, таких как температура, давление и т.д.

2. Алгоритмы обработки данных.

Фильтрация данных – использует алгоритмы для удаления шума и аномалий из собранных данных, например алгоритмы Калмана.

Машинное обучение – алгоритмы, такие как регрессия, деревья решений или нейронные сети, для анализа данных и предсказания сбоев.

3. Алгоритмы анализа.

Анализ временных рядов – используется для прогнозирования потребления энергии и выявления тенденций.

Анализ причинно-следственных связей – помогает определить, какие факторы влияют на потребление энергии.

4. Алгоритмы визуализации.

Графики и диаграммы – используются для визуализации данных о потреблении энергии, например графики потребления по времени.

Интерактивные панели управления – позволяют пользователям исследовать данные и получать визуальную информацию о состоянии объектов в реальном времени.

5. Алгоритмы для предиктивной аналитики.

Алгоритмы машинного обучения – могут использоваться для прогнозирования потребления и выявления потенциальных проблем, таких как превышение рабочей нагрузки.

Выбор «лучшего» алгоритма для мониторинга и визуализации состояния энергоемких объектов зависит от множества факторов, включая конкретные требования проекта, доступные ресурсы и цели. Однако можно выделить несколько критериев, по которым можно оценивать эффективность алгоритмов:

1. Цель применения.
2. Сложность данных.
3. Интерактивность и визуализация.
4. Доступные ресурсы и инфраструктура.
5. Гибкость и масштабируемость.
6. Ожидаемые результаты.

Идеального единого решения не существует. Рекомендуется провести оценку конкретной ситуации и потребностей, чтобы определить, какой алгоритм или комбинация алгоритмов будет наилучшим выбором для поставленной задачи [1 – 4].

Библиографический список

1. Селиванова, З. М. Повышение точности информационно-измерительных систем неразрушающего контроля теплофизических свойств твердых материалов / З. М. Селиванова, Т. А. Хоан // Измерительная техника. – 2015. – № 9. – С. 45 – 48.

2. Селиванова, З. М. Оценка надежности информационно-измерительной системы теплофизических свойств материалов при воздействии дестабилизирующих факторов / З. М. Селиванова, Т. А. Хоан: // Надежность и качество сложных систем. – 2017. – № 4. – С. 13 – 19.

3. Approximation of Distribution Law of Experimental Test Data to Assess Reliability of Information-Measuring and Control Systems / Yu. T. Zyryanov, I. G. Ryazanov, A. Yu. Naumova, et al. // Journal of Physics : Conference Series. XIII International Scientific and Technical Conference “Applied Mechanics and Systems Dynamics”. – 2020. – P. 012081.

4. Application of Generalized Distribution Laws for the Reliability Assessment of Information and Measuring Systems of Energy Saving Control / Y. T. Zyryanov, N. G. Chernyshov, I. G. Ryazanov, et al. // In Journal of Physics Conference Series. – 2019. – V. 1172, No. 1.

АНАЛИЗ МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ЕМКОСТИ КАБЕЛЯ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА

Данг Куанг Нгуен¹, Ван Фиен Нгуен², Т. Ю. Дорохова²

¹Военно-Промышленный Колледж, Вьетнам
(e-mail: phientambov2016@gmail.com)

²Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: tandor81@mail.ru)

Для передачи информации часто используются проводные сети, при этом происходят неизбежные потери и искажения полезного сигнала. Это происходит от влияния внешних полей и параметров самой линии связи, а также от емкости кабеля. Как правило, по значению емкости определяется область применения кабеля. Наиболее целесообразным и экономически выгодным является измерение емкости еще в процессе его производства, на стадии нанесения изоляции, что позволяет изначально задавать необходимую емкость и контролировать постоянство ее значения по всей длине. Контроль емкости производится в охлаждающей ванне, куда помещается кабель после нанесения изоляционного слоя. Предполагаемая принципиальная схема емкостного преобразователя имеет вид, представленный на рис. 1. Преобразователь выполнен в виде полого цилиндра и включает в себя два электрода: электрод питания (ЭП), состоящий из двух частей 1, и рабочий электрод (РЭ) 2, расположенный между ЭП, ввод 3 для подачи напряжения питания, вывод 4, корпус 5. В процессе измерения, корпус ванны, корпус 5, а также жила кабеля заземляются.

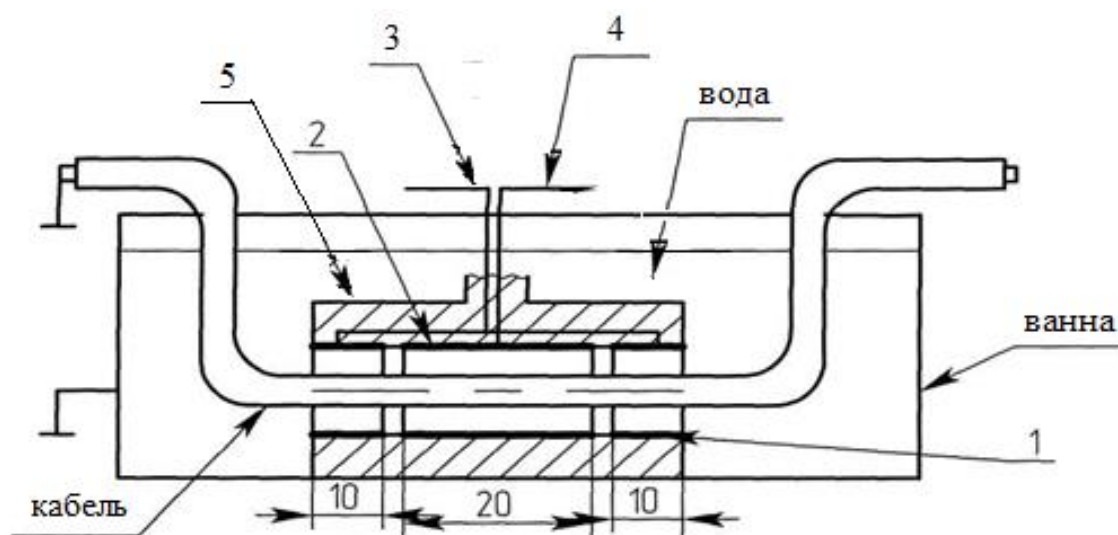


Рис. 1. Принципиальная схема емкостного преобразователя

Структурная схема емкостного преобразователя показана на рис. 2, где Г – генератор; Ф – формирователь; ФВ – фазовращатель; УВд.Δφ – устройство выделения; Ус.Н – усилитель напряжения; ЦИ – цифровой индикатор. Формирователь обеспечивает переход напряжения с синусоидальной в прямоугольную форму. Операционный усилитель 140УД1А с питанием 5 В поддерживает выходное напряжение формирователя – 5 В.

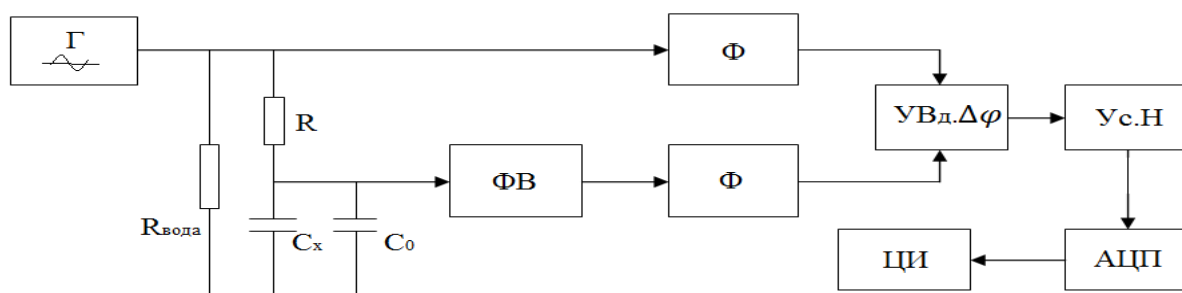


Рис. 2. Структурная схема емкостного преобразователя

Используется микросхема К155ЛА3 для выделения $\Delta\varphi$. На выходном устройстве формируется напряжение прямоугольной формы с частотой, равной удвоенной частоте генератора. Усилитель напряжения усиливает сигнал с выхода схемы до уровня ± 15 В. При отсутствии кабеля, если RC_0 -цепочка первого порядка, фазовый сдвиг $\varphi_0 = \arctg(\omega RC_0)$. Напряжение от генератора и от фазовращателя сдвинуты относительно друг друга на 90° . При наличии кабеля в преобразователе наблюдается значение емкости кабеля, RC -цепочка изменяется на $(C_x + C_0)$, фазовый сдвиг $\varphi_x = \arctg(\omega RC_0 + C_x)$ [1]. График зависимости значения напряжения от емкости показан на рис. 3.

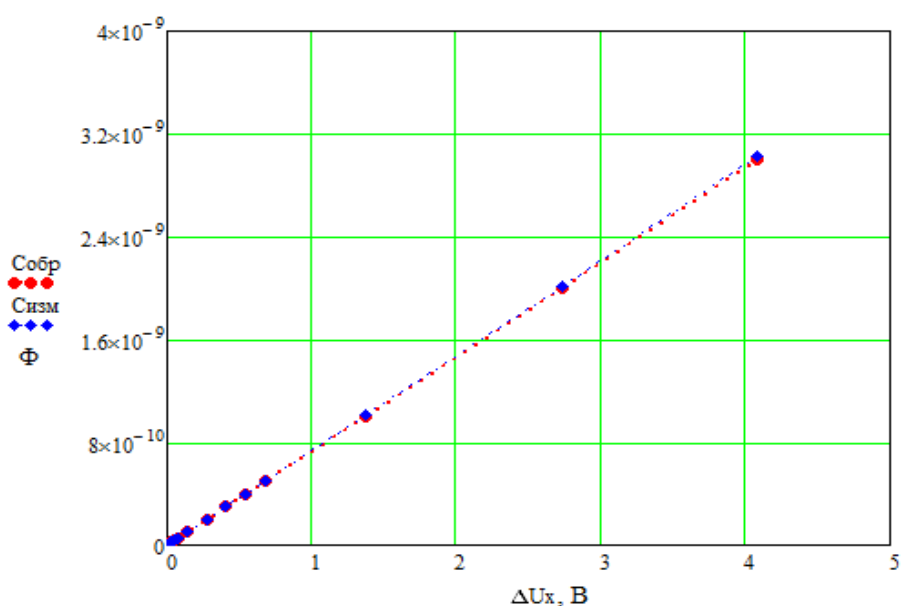


Рис. 3. График зависимости значения напряжения от емкости

Результаты измерений показывают, что значение емкости пропорционально значению напряжения и можно использовать RC -цепи 2-го или 3-го порядка при измерении сдвига фаз.

Библиографический список

1. Атамалян, Э. Г. Приборы и методы измерения электрических величин : учебное пособие для студ. вузов / Э. Г. Атамалян. – М. : Высшая школа, 1989. – 384 с.

ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИЯ КАНАЛА ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

А. А. Барсуков, О. С. Дмитриев

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: phys@tstu.ru)

Полимерные композиты (ПК), армированные стеклянными, углеродными и органическими волокнами на основе термореактивных связующих, применяются во многих отраслях современной техники. Основной технологической проблемой производства изделий из ПК, особенно толстостенных и крупногабаритных, является правильный выбор температурно-временного режима их отверждения, сочетающего подъемы температуры и изотермические выдержки. В процессе отверждения формируется структура композита и форма изделия. Современным подходом проектирования и выбора режима отверждения изделий из ПК является математическое моделирование и оптимизация, основанные на наличии или экспериментальном определении параметров процесса и свойств ПК [1]. К ним относятся теплофизические свойства ПК, кинетические и реологические характеристики. Для их исследования и расчета температурно-временного режима отверждения разработана и смонтирована информационно-измерительная система (ИИС) процесса отверждения [2].

Техническая составляющая ИИС содержит измерительное устройство с нагревателями, оснащенное измерительными преобразователями температуры, и электронные блоки обработки полученных электрических сигналов. В целом они образуют канал измерения температуры ИИС, который состоит из усилителей постоянного тока (УПТ) и адаптера ввода-вывода, включающего мультиплексор и АЦП, соединенного с управляющим компьютером. В результате на вход компьютера поступает информация о температуре, которая вводится в БД ИИС и в дальнейшем используется для расчетов свойств ПК.

Температуры в процессе эксперимента измеряются термопарами во времени с интервалом 15...30 с. Термопары вмонтированы в верхний, нижний и боковой нагреватели, а также устанавливаются при сборке образца в двух крайних или трех-пяти точках в средней части по толщине образца. Для усиления сигналов термопар служат УПТ, объединенные в единый блок. Блок усиления состоит из десяти УПТ $У_1...У_{10}$. Все УПТ построены по схеме модулятор-демодулятор.

При проведении эксперимента в течение длительного времени, более 8 ч, происходит значительный нагрев аппаратуры, что приводит к дрейфу нулей УПТ $У_1...У_{10}$ и вызывает систематические погрешности измерения температуры. Поэтому для их снижения была произведена доработка блока усиления сигналов термопар ИИС. Усилители постоянного тока $У_1...У_{10}$ были помещены в теплоизолированный термостат, изготовленный из листового пенопласта толщиной 10 мм. В нижней части термостата установили нагреватель, представляющий собой подложку из полиимидного стеклопластика с встроенным

в нее нагревательным элементом. Для этого в подложке с шагом 10 мм прочерчены борозды, в которые уложен и залит термостойким клеем нихромовый провод диаметром 0,2 мм. Нижняя часть нагревателя также теплоизолирована пенопластом. Внутри термостата поддерживается температура на уровне $40,0 \pm 0,1$ °С. Для поддержания стабильной температуры внутри термостата в ИИС введен дополнительный аналоговый канал автоматического ПИД-регулятора САРТ. Для измерения температуры внутри термостата используют малоинерционный терморезистор. Все элементы канала автоматического регулятора температуры, включая терморезистор, мост постоянного тока, усилитель, автоматический регулятор, фазовый преобразователь и тиристорный усилитель мощности, собраны на одной плате, которая помещена внутри термостата. Это обеспечивает высокую стабильность поддержания заданной температуры при собственных выделениях тепла внутри блока усиления и изменениях температуры окружающей среды в помещении, что повышает стабильность работы канала измерения температуры ИИС. Такая схема построения регулятора обеспечивает возможность автономного прогрева системы в течение 20 мин перед началом эксперимента без запуска программы управления ИИС.

Библиографический список

1. Дмитриев, О. С. Моделирование теплофизических характеристик полимерных композитов в процессе отверждения / О. С. Дмитриев, А. А. Барсуков, Д. Я. Баринов // Теплофизика и аэромеханика. – 2024. – Т.31, № 2. – С. 355 – 370.
2. Живенкова, А. А. Алгоритмическое и программное обеспечение информационно-измерительной системы исследования теплофизических характеристик полимерных композитов в процессе отверждения / А. А. Живенкова, О. С. Дмитриев // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – Т. 54, № 4. – С. 212 – 217.

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ ИНДИКАТОРА ТАКТИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ЛЕТЧИКА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА О ТИПАХ РАДИОИЗЛУЧАЮЩИХ ЦЕЛЕЙ

А. В. Богомолов, А. Д. Ильин, Е. В. Головченко

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени проф. Н. Е. Жуковского
и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия
(e-mail: bogomolov_av@mail.ru)

Анализ ведения вооруженных конфликтов показывает, что противодействие средствам ПВО при выполнении боевой задачи имеет наибольший приоритет. Для обеспечения защиты летательного аппарата (ЛА) они оборудуются комплексами радиоэлектронного противодействия (КРЭП).

В полете в автоматическом режиме производится определение местоположения РИЦ, облучающего ЛА, условного типа средства ПВО и предупреждение экипажа об угрозе выдачей индикации на ИТОЛ буквенно-цифровых символов условных типов облучающих радиоэлектронных средств (рис. 1).

В работе предлагается преобразовывать символы условных типов, облучающих РЭС, в синтезированные речевые сообщения (рис. 2).

112

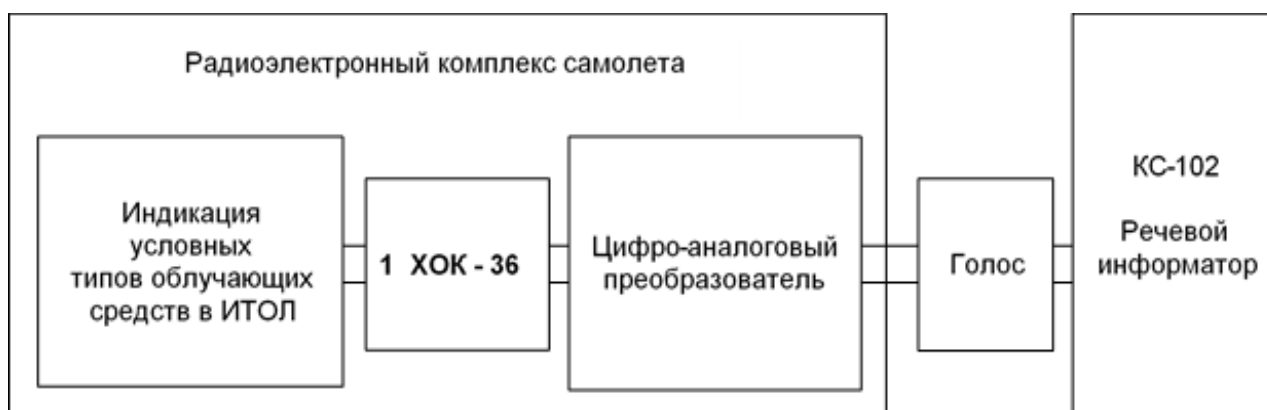


Рис. 2. Функциональная схема получения речевой информации

Таким образом, предлагаемое решение позволит экипажу в реальном масштабе времени получать речевую информацию об облучающих типах РИЦ в условиях быстро меняющейся радиоэлектронной обстановки при противодействии комплексам ПВО.

Библиографический список

1. Леньшин, А. В. Бортовые радиоэлектронные системы / А. В. Леньшин, Н. М. Тихомиров, С. А. Попов. – Воронеж : Научная книга, 2021. – 486 с.
2. Куприянов, А. И. Радиоэлектронная борьба / А. И. Куприянов. – М. : Вузовская книга, 2015. – 360 с.

ОСОБЕННОСТИ ТЫЛОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВ СВЯЗИ В СОСТАВЕ СВОДНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ КОЛОНН

А. О. Боровлев, А. Д. Барановский, П. А. Федюнин, Н. С. Кривенцов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени проф. Н. Е. Жуковского
и Ю. А. Гагарина», Россия, Воронеж, Россия
(e-mail: borAO07@mail.ru)

Особенную важность тыловое обеспечение приобретает для подразделений связи и радиотехнического обеспечения (РТО), которые играют ключевую роль в управлении войсками в условиях маневренных операций. Рассмотрим основные аспекты тылового обеспечения колонн роты связи и РТО на марше.

Подразделения связи и РТО выполняют критически важные функции при управлении авиационными формированиями в ходе боевых действий. Они играют ключевую роль в поддержании устойчивых и надежных каналов коммуникации между различными частями и подразделениями. Их основная задача заключается в обеспечении бесперебойного обмена информацией, необходимой для управления авиационными формированиями и принятия решений в ходе выполнения боевых задач.

Тыловое обеспечение колонн роты связи и РТО на марше охватывает широкий спектр задач, направленных на поддержание технической готовности и эффективности подразделений в условиях передвижения. Оно включает в себя ряд ключевых направлений, каждое из которых играет важную роль в обеспечении успешного выполнения боевых задач. Рассмотрим подробнее основные составляющие тылового обеспечения колонн на марше.

Материально-техническое обеспечение:

- снабжение техникой и имуществом: организация поставок необходимого оборудования, транспортных средств, средств связи и других материально-технических ресурсов, необходимых для функционирования колонн;
- экипировка и снаряжение: обеспечение личного состава необходимыми предметами экипировки, включая одежду, обувь, средства индивидуальной защиты и прочие предметы;
- топливо: обеспечение колонн горюче-смазочными материалами (ГСМ) для транспортных средств и генераторов;
- мобильные заправочные пункты: организация подвижных пунктов заправки, позволяющих осуществлять дозаправку техники в полевых условиях;
- запасные части и расходные материалы: наличие необходимых комплектов для ремонта оборудования и техники;
- средства связи: резервные радиостанции, антенны, кабели и другие элементы, необходимые для поддержания связи.

Транспортное обеспечение:

- организация перевозки личного состава, оборудования и материальных средств;
- использование специализированных транспортных средств для перевозки тяжелого и габаритного оборудования.

Обеспечение продовольствием и водой:

- снабжение личного состава необходимыми запасами пищи и питьевой воды;
- организация полевых кухонь или сухих пайков;
- организация правильного хранения продовольствия, чтобы предотвратить порчу и сохранить питательные свойства продуктов.

Таким образом, тыловое обеспечение колонн роты связи и РТО на марше – это сложная и многогранная задача, требующая комплексного подхода. Выполнение перечисленных мероприятий позволит обеспечить колоннам необходимую поддержку, минимизировать риски и повысить их боеспособность в условиях марша.

Библиографический список

1. Шаронов, А. Н. Анализ проблем тылового обеспечения войск в локальных войнах и конфликтах и методы их решения / А. Н. Шаронов, Г. Е. Носков. – СПб. : ВАТТ, 2001. – 361 с.
2. Шаронов, А. Н. Организация технического обеспечения по продовольственной службе: проблемы и методы решения : монография / А. Н. Шаронов, Е. А. Шаронов. – СПб. : ВА МТО, АСТЕРИОН, 2021. – 357 с.

ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КОМПОНЕНТОВ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ

В. А. Андреев, А. А. Денисюк

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С. П. Королева, Самара, Россия
(e-mail: kipres@ssau.ru; mikki90201@yandex.ru)

Неисправность интегральной микросхемы – это состояние интегральной микросхемы, вызванное неисправностями одного или нескольких элементов, при котором она не соответствует хотя бы одному из требований, установленных в технических условиях [1].

Цель работы – повышение эффективности контроля интегральных микросхем и других компонентов бортовых устройств телекоммуникаций (УТ).

Для разработки методики контроля и оценки ее эффективности был проведен системный анализ и теоретические исследования.

Проведенные теоретические исследования позволили показать, что для большинства типов изделий электронной техники информацию об их техническом состоянии можно получить на основе совокупного интегрального физического параметра. В качестве такого параметра для интегральных схем предложено использовать величину комплексной электропроводности их цепей питания, как обладающую достаточной информативностью. В качестве метода регистрации предложено использовать метод модуляционного дифференцирования на основе метода разностной частоты, поскольку он обладает достаточной чувствительностью и точностью регистрации параметров комплексной электропроводности в виде зависимостей вторых производных вольт-амперной $I''(U)$ и вольт-кулонной $Q''(U)$ характеристик.

Получены аналитические выражения, позволяющие экспериментально оценить величину методической погрешности определения вторых производных вольт-амперной $I''(U)$ и вольт-кулонной $Q''(U)$ характеристик с применением метода модуляционного дифференцирования на основе метода разностной частоты, а также значения высших производных указанных характеристик в каждой точке напряжения смещения. В качестве носителя первичной диагностической информации используется комбинационная гармоника тока сигнала-отклика на разностной частоте.

Проведен анализ схем подключения интегральных схем в качестве объекта диагностирования. Показано, что схема подключения интегральной схемы при регистрации зависимостей $I''(U)$ и $Q''(U)$ по ее цепи питания должна обеспечивать несколько основных требований. К этим требованиям относятся: информативность регистрируемых зависимостей $I''(U)$ и $Q''(U)$, которая обеспечивается при активации практически полного числа приборных структур интегральной схемы; помехоустойчивость схемы подключения и ее метрологиче-

ская согласованность с объектом диагностирования, под которой понимается обеспечение практической линейности функциональных характеристик собственно схемы подключения и ее инвариантности к дестабилизирующим факторам.

Библиографический список

1. Готра, З. Ю. Контроль качества и надежность микросхем : учебник для техникумов / З. Ю. Готра, И. М. Николаев. – М. : Радио и связь, 2007. – 168 с.

ВЛИЯНИЕ 5G/6G-СЕТЕЙ НА КОНСТРУКЦИЮ РАДИОПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ

Г. Е. Курбатов, М. Ю. Полушкин, П. А. Бородин, В. О. Нистратов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: german_kurbatov@mail.ru; maksim.polushkin@list.ru;
pavel_borodin_01@mail.ru; Darkmen1508@mail.ru)

Развитие сетей пятого и шестого поколений (5G и 6G) ведет за собой появление новых требований к конструкции радиоприемных устройств. Связано это не только с переходом к более высоким частотным диапазонам, включая миллиметровые и терагерцовые волны, но и с изменением моделей функционирования связи. В ситуации высокой плотности взаимодействия в сети, обширного использования интернета вещей и крайне значимых коммуникаций (например, в транспорте и медицине) в конструкции радиоприемных устройств необходимо учитывать стабильность и стойкость к помехам, а также стремиться внедрять возможность адаптивной работы. Исходя из этого, проектирование радиоприемников, отвечающих современным стандартам и требованиям, становится междисциплинарной задачей, сочетающей цифровую обработку сигналов, радиоэлектронику и методы искусственного интеллекта [1, 3]. Увеличение концентрации информационных потоков и требований к скорости передачи данных обуславливает необходимость использования более сложных алгоритмов цифровой обработки сигналов и интеллектуальных антенн [2].

Таким образом, важным вектором развития становится интеграция радиочастотного и цифрового сегментов приемника на одном кристалле, данный синтез позволяет значительно уменьшить уровень шумов и сократить энергопотребление. Внедрение таких технологий требует пересмотра логики компоновки устройств и управления тепловыми режимами, – одним из таких подходов является перенос модулей миллиметрового диапазона ближе к антенным узлам для сокращения длины высокочастотных соединений и снижения тепловой нагрузки на главные элементы конструкции [3]. Так же стоит отметить, что разработчикам приходится переходить от универсальных решений к узкоспециализированным возможностям, направленным на конкретные стандарты или

ситуации при эксплуатации [1]. В свою очередь, высокое внимание уделяется интеллектуальным антенным решеткам, которые могут автоматически адаптироваться к условиям распространения сигнала и настраивать характеристики приема [2]. Все чаще функционал радиоприемника определяется не только его схемотехникой, но и внедренными в него алгоритмами – например, адаптивные фильтры, применяемые в мобильных устройствах и автомобильных радарх, способны изменять параметры обработки сигнала в зависимости от уровня помех или условий приема, повышая стабильность связи [1].

Подход к разработке новых радиоприемных устройств все больше и больше основывается на методах цифрового инжиниринга, где главную роль играют высокоточная симуляция режимов функционирования и автоматическая оптимизация процессов и параметров. Данный подход служит для выявления потенциальных проблем, связанных, например, с настройкой антенн или искажением спектра сигнала еще на этапе моделирования [3].

Развитие сетей 5G и 6G напрямую влияет на совершенствование радиоприемных устройств, что проявляется в необходимости их модификации из-за повышения требований к скорости и качеству связи. Изменения приводят к обширному внедрению цифровых способов проектирования адаптивных алгоритмов работы с сигналами и интеграции основных компонентов. Все это, в свою очередь, позволяет обеспечить стабильную и высококачественную работу в условиях перегруженной частотной среды.

Библиографический список

1. Феноменологическая модель цифровой антенной решетки на ребристых стержневых излучателях для сетей пятого поколения / В. И. Тетюхин, О. А. Белоусов, П. А. Таенков, Д. А. Караваев // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : сб. тр. VII Всерос. молодеж. науч. конф. – 2022. – С. 275 – 277.
2. Алгоритмическое обеспечение диаграммообразующего устройства фазированной антенной решетки на основе нейросетевой архитектуры / М. М. Кирюпин, О. А. Белоусов, В. И. Тетюхин и др. // Ползуновский альманах. Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова. – Барнаул, 2022. – С. 9 – 12.
3. Куракова, Т. П. Имитация радиоканалов миллиметрового диапазона поколения 5G : дис. ... канд. техн. наук / Т. П. Куракова. – М., 2017.

ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЕТЬЮ РАДИОСВЯЗИ АВИАЦИОННОГО ФОРМИРОВАНИЯ

Б. И. Волков, М. А. Стафеев, П. А. Федюнин

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени проф. Н. Е. Жуковского
и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия
(e-mail: volkovbron@yandex.ru)

Для обеспечения управления и контроля функционирования мобильной системой связи авиационного формирования (АФ) создается отдельная подсистема – автоматизированная система управления сетью радиосвязи (АСУСРС), состоящая из взаимоувязанных пунктов управления радиосвязью (ПУРС) и технической основы системы управления радиосвязью.

Построение системы (сети) военной связи – развертывание, эксплуатация и функционирование созданных элементов связи, их наиболее целесообразное размещение на местности (в пространстве) и установление необходимых связей между ними [1].

Методологической базой построения АСУСРС является сеть управления электросвязью TMN, архитектура и принципы построения которой обеспечивают реализацию задач по управлению, оперативному контролю и эксплуатации разнородного телекоммуникационного оборудования и систем электросвязи, которые изготовлены различными производителями.

Основу организационно-технического построения АСУСРС АФ составляют автоматизированные рабочие места ПУРС начальника радиоцентра (РЦ), начальников передающей и приемной частей РЦ в командно-штабных машинах, станции воздушной и наземной радиосвязи, а также комплексные радиостанции и аппаратные связи для обеспечения обмена сообщениями в сети передачи данных системы связи АФ и организации сети служебной связи.

ПУРС создается в целях обеспечения планирования применения, реконфигурации и восстановления сети радиосвязи с выполнением требований к своевременности, достоверности и безопасности связи [2].

На *функциональном уровне* АСУСРС решает следующие задачи:

- ведение учета данных обстановки наземной и воздушной радиосвязи;
- моделирование функционирования сетей радиосвязи;
- планирование радиосвязи;
- планирование применения элементов СРС (линий и каналов радиосвязи, технического обеспечения связи, РТО и АСУ, резерва сил и средств радиосвязи);
- управление качеством предоставления видов и услуг связи по каналам радиосвязи;
- контроль состояния и изменение структуры сетей радиосвязи (реконфигурация).

Для решения задач АСУСРС в АФ создается служебная сеть многопролетной ретрансляции от УС РТО до пунктов управления (ПУ) подразделений включительно в диапазоне 220...520 МГц в режиме псевдослучайной перестройки рабочей частоты (ППРЧ) [3].

В указанной сети ведется обмен настроечной информацией, осуществляется обмен информацией по контролю состояния и изменения структуры сети радиосвязи.

На *технологическом уровне* АСУСРС решает следующие задачи:

- создание распределенных опорных сетей наземной радиосвязи ПУ АФ (из состава имеющихся и планируемых на ПУ базовых возимых радиостанций);
- автоматическая замена основной базовой станции при функционировании СРД (выход из строя основной базовой станции, значительная удаленность и т.д.);
- ведение адресной документации (назначение, ввод и изменение IP-адресов абонентов радиосетей);
- ведение служебной ключевой документации (генерирование, назначение, ввод и изменение (переключение) ключей ППРЧ для абонентов сетей).

Библиографический список

1. Ермишян, А. Г. Теоретические основы построения систем военной связи в объединениях и соединениях. Ч. 1. Методологические основы построения организационно-технических систем военной связи / А. Г. Ермишян. – СПб. : ВАС, 2005. – 740 с.
2. ГОСТ 24375–80. Радиосвязь. Термины и определения. – М., 1980.
3. Связь в Вооруженных Силах Российской Федерации. – М. : Информационный мост, 2020. – 252 с.

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Е. В. Головченко, П. А. Федюнин, В. А. Дьяченко, А. Д. Ильин

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени проф. Н. Е. Жуковского
и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия
(e-mail: tablet@.ru)

Обеспечение электромагнитной совместимости (ЭМС) радиоэлектронных средств (РЭС) становится все более сложной задачей с увеличением плотности размещения РЭС и расширением используемого частотного диапазона. В современных городских условиях концентрация радиопередающих устройств достигает таких значений, что их взаимное влияние становится критическим фактором, ограничивающим качество связи.

При решении задачи обеспечения ЭМС РЭС одним из важнейших ее элементов является оценка помеховой обстановки. Для экспресс-оценки помеховой обстановки можно использовать основное уравнение, характеризующее помеховую обстановку, в виде соотношения сигнал/помеха на входе приемного устройства [1]:

$$\frac{S}{I} = \frac{P_s G_t r_i^2 L_i}{P_i G_i r^2 L_t}, \quad (1)$$

где S/I – отношение сигнал/помеха; P_s и P_i – мощности передатчика полезного сигнала и источника помех; G_t , G_i – коэффициенты усиления антенн передатчика и источника помех; r , r_i – расстояния от передатчика полезного сигнала и источника помех; L_i , L_t – потери в трактах источника помех и передатчика.

Основными видами непреднамеренных помех, возникающих в процессе работы потенциально несовместимых РЭС, являются интермодуляционные помехи и помехи по соседнему каналу [1, 2].

Интермодуляционные помехи возникают при воздействии на нелинейные элементы радиопередающих устройств и характеризуются появлением комбинационных частот вида

$$f_{IM} = |mf_1 \pm nf_2|, \quad (2)$$

где m и n – целые числа; f_1 и f_2 – частоты исходных сигналов.

Помехи по соседнему каналу обусловлены неидеальностью частотных фильтров и занимаемой полосой спектра сигнала. Ослабление таких помех определяется избирательностью приемника и может быть оценена как

$$A_{adj} = 10 \lg \left(\frac{P_{ch}}{P_{adj}} \right), \quad (3)$$

где P_{ch} – мощность сигнала в рабочем канале; P_{adj} – мощность сигнала в соседнем канале.

В качестве критериев обеспечения ЭМС радиоэлектронных средств, позволяющих определить основные пространственные и энергетические ограничения на работу потенциально несовместимых РЭС, являются частотный и пространственный критерии.

Частотный критерий определяется следующим выражением

$$|f_i - f_j| \geq \Delta f_{\min}, \quad (4)$$

где f_i и f_j – рабочие частоты радиоэлектронных средств.

Пространственный критерий можно выразить следующим образом:

$$r_{ij} \geq r_{\min}, \quad (5)$$

где r_{ij} – расстояние между радиоэлектронными средствами; $r_{\min}$ – минимально допустимое расстояние.

В свою очередь энергетический критерий определяется выражением

$$\frac{P_s}{P_t} \geq \left(\frac{P_s}{P_t} \right)_{\min}. \quad (6)$$

Таким образом, предлагаемый методический подход, определяемый выражениями (1) – (6), позволяет по тактико-техническим характеристикам потенциально несовместимых РЭС и их взаимному размещению в условиях ограниченного времени провести экспресс-оценку ЭМС радиоэлектронных средств.

Библиографический список

1. Вакин, С. А. Основы радиопротиводействия и радиотехнической разведки / С. А. Вакин, Л. Н. Шустов. – М. : Сов. Радио, 1968.
2. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и радиоконтроль. Методы оценки и эффективности : монография / под ред. П. А. Сая. – М. : Радиотехника, 2015. – 400 с.

СОДЕРЖАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОВЕРКИ СРЕДСТВ СВЯЗИ В РАМКАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ ВОЕННО-ВОЗДУШНЫХ СИЛ

Р. В. Гунько, В. В. Пехтерев, В. А. Дьяченко, Е. В. Головченко

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени проф. Н. Е. Жуковского
и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия
(e-mail: roman-gunko@mail.ru)

Подготовка средств связи к обеспечению полетов авиационной техники Военно-воздушных сил (ВВС) Российской Федерации представляет собой сложный и многоэтапный процесс, который требует тщательной организации и контроля. Одним из ключевых аспектов данной подготовки является проверка средств связи, которые играют важнейшую роль в обеспечении безопасности, координации и эффективности выполнения полетных заданий. В данной статье рассматриваются особенности проверки средств связи на этапе подготовки к полетам, их значение, а также основные методы и способы, применяемые для обеспечения их надежной работы.

Средства связи являются неотъемлемой частью инфраструктуры авиационных частей ВВС, обеспечивая взаимодействие между воздушными судами, наземными службами и командными пунктами. Они позволяют:

- осуществлять управление воздушным движением;
- передавать оперативную информацию о метеоусловиях, навигационных данных и других важных параметрах;
- координировать действия экипажей в ходе выполнения боевых и учебных задач;
- обеспечивать безопасность полетов, своевременно предупреждая о возможных угрозах или нештатных ситуациях.

Проверка средств связи перед полетами включает несколько этапов, каждый из которых направлен на обеспечение надежности и бесперебойности работы оборудования. Рассмотрим основные этапы.

Визуальный осмотр. Первый этап проверки – это визуальный осмотр всех элементов системы связи. Особое внимание уделяется:

- состоянию антенн, кабелей и разъемов;
- отсутствию механических повреждений;
- надежности крепления оборудования.

Проверка технического состояния оборудования. Первым этапом является проверка технического состояния средств связи. Она включает:

- визуальный осмотр оборудования на предмет повреждений или дефектов;
- проверку целостности кабелей, антенн и других компонентов;
- тестирование работы передатчиков, приемников и других устройств.

Проверка работоспособности каналов связи. После проверки технического состояния оборудования осуществляется тестирование каналов связи. Комплекс данных мероприятий включает:

- проверку качества передачи и приема сигналов;
- тестирование работы радиоканалов, спутниковых систем связи и других средств передачи данных.

Проверка в условиях имитации. Для оценки устойчивости связи в сложных условиях проводятся тесты с имитацией внешних воздействий, таких как:

- электромагнитные помехи;
- перепады температуры и влажности;
- вибрации и механические нагрузки.

Проверка совместимости оборудования. Современные воздушные суда ВВС оснащены сложными системами связи, которые должны быть совместимы с наземным оборудованием и системами других воздушных судов. Проверка совместимости включает:

- тестирование взаимодействия между различными системами связи;
- проверку соответствия протоколов передачи данных.

В условиях быстро меняющегося технологического ландшафта ВВС Российской Федерации должны продолжать развивать свои системы связи и методы их проверки, чтобы оставаться на передовой военной авиации и эффективно выполнять свои задачи в любых условиях.

Библиографический список

1. Исаков, Е. Е. Устойчивость военной связи в условиях информационного противоборства / Е. Е. Исаков. – СПб. : Изд-во политехн. ун-та, 2009. – 400 с.
2. Михайлов, Р. Л. Помехозащищенность транспортных сетей связи специального назначения : монография / Р. Л. Михайлов. – Череповец : ЧВВИУРЭ, 2016. – 128 с.

МЕТОД КОНТРОЛЯ НАГРУЗОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ МИКРОСХЕМ

А. А. Денисюк

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С. П. Королева, Самара, Россия
(e-mail: mikki90210@yandex.ru)

Актуальность темы данной работы обусловлена необходимостью повышения точности и расширения функций контроля при определении нагрузочной способности микросхем. Для достижения данной цели предлагается вариант методики ДНК. Методика включает в себя модель и устройство контроля. В качестве рабочей была выбрана известная модель [1], которая была адаптирована под конкретные задачи разработки и исследования.

В процессе выполнения работы проведена доработка структурной схемы устройства для определения нагрузочной способности микросхем. Доработанная схема устройства приведена на рис. 1.

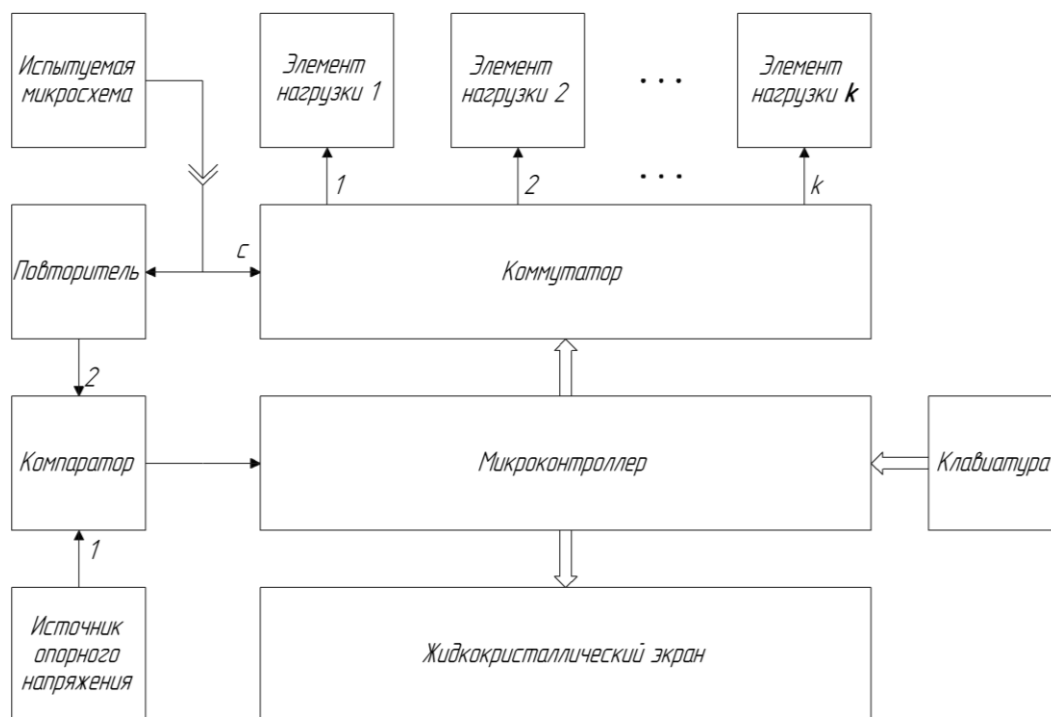


Рис. 1. Структурная схема устройства

Устройство содержит испытуемую микросхему, повторитель, компаратор, источник опорного напряжения, элементы нагрузки, коммутатор, микроконтроллер, жидкокристаллический экран и клавиатуру.

Устройство для определения нагрузочной способности микросхем работает следующим образом. Выходное напряжение испытуемой микросхемы поступает на вход повторителя с высоким входным напряжением и на сигнальный вход коммутатора, обладающего малым сопротивлением открытого канала.

Управляемый микроконтроллером коммутатор подключает к выходу испытуемой микросхемы определенное число нагрузочных элементов, полу-

ченное в результате расчетов. Нагрузочные элементы, начиная со второго, имеют весовые соотношения в два раза выше, чем у предыдущего. Вес нагрузочного элемента формируется объединением в общий вход определенного количества входов логических элементов, соответствующего весу.

Напряжение с повторителя, совпадающее с выходным напряжением испытуемой микросхемы, на входе компаратора сравнивается с напряжением, создаваемым источником опорного напряжения. Источник опорного напряжения выдает два уровня напряжения, которые соответствуют низкому и высокому логическому уровню. Сигнал компаратора используется в качестве управляющего для микроконтроллера.

Результаты расчетов с помощью микроконтроллера выводятся на жидкокристаллический экран. Также с помощью клавиатуры и жидкокристаллического экрана возможно изменять режимы работы микроконтроллера.

Предложенная методика определения и контроля нагрузочной способности микросхем позволяет находить наибольшее число входов логических элементов, которые можно подключить к выходу испытуемой ИМС без ухудшения ее параметров. Входящее в состав методики устройство может использоваться как самостоятельно, так и в системе измерительного комплекса совместно с другим оборудованием.

Библиографический список

1. Исследование нагрузочной способности микросхем / Е. С. Еранцева, Г. П. Шопин, М. Н. Пиганов, В. С. Андрусенко // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2020. – Т. 23, № 3. – С. 74 – 81.

ДИНАМИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ И ИЗБЕГАНИЕ ПРЕПЯТСТВИЙ В АВТОНОМНЫХ БПЛА

К. А. Полкунов, Н. Г. Чернышов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: lenaaks@mail.ru)

Современные задачи, такие как доставка грузов в городской среде или инспекция аварийных зон, требуют от БПЛА не только обнаружения, но и оперативного избегания препятствий. В данной статье раскрывается, как реализован механизм динамического планирования траектории в системе, основанной исключительно на данных камеры. Ключевой особенностью решения является сочетание алгоритма A^* с фильтром Калмана, что обеспечивает безопасность и адаптивность в реальном времени.

Методы планирования и коррекции траектории:

Алгоритм A^* – это алгоритм поиска, выбранный за его способность находить кратчайший путь в графах с минимальными вычислительными затратами.

Манхэттенская эвристика – это метод оценки расстояния между двумя точками в двумерном пространстве, использующийся в алгоритмах поиска

пути, таких как A^* , для оценки стоимости пути от текущего узла до целевой точки. Она имитирует движение по городским улицам (только по осям X/Y), что упрощает расчеты и ускоряет поиск пути.

Динамическое обновление карты происходит следующим образом: система строит 2D-карту препятствий на основе данных модели компьютерного зрения YOLOv5n, при обнаружении новых объектов (например, птицы) карта мгновенно обновляется, и алгоритм пересчитывает путь.

```
grid = [  
    [0, 0, 0, 0],  
    [0, 1, 0, 0],  
    [0, 1, 1, 0],  
    [0, 0, 0, 0]  
]
```

Рис. 1. Пример сформированной 2D-карты:

1 – обозначает препятствие; 0 – свободное пространство

Пример работы алгоритма A^* :

- 1) Старт: (0,0), Цель: (3,3).
- 2) Рассчитанный путь: $(0,0) \rightarrow (0,1) \rightarrow (1,1) \rightarrow (2,1) \rightarrow (3,1) \rightarrow (3,2) \rightarrow (3,3)$.

Для сглаживания траектории используется фильтр Калмана, который решает две задачи: компенсацию шумов камеры и прогнозирование движения.

Управление полетом будет осуществляться через передачу ШИМ-сигналов моторам с учетом внешних факторов (ветер, высота), а в случае внезапных препятствий (птицы, движущиеся объекты) система пересчитывает путь.

Фильтр Калмана компенсирует шумы камеры (дрожание веток), прогнозируя положение дрона по скорости и корректируя траекторию. Решение, в отличие аналогов (DJI Phantom 4 Pro, Skydio 2), использует оптимизированные алгоритмы компьютерного зрения, снижая стоимость на 50...70% и нагрузку на вычислительные ресурсы [1 – 4].

Библиографический список

1. Селиванова, З. М. Повышение точности информационно-измерительных систем неразрушающего контроля теплофизических свойств твердых материалов / З. М. Селиванова, Т. А. Хоан // Измерительная техника. – 2015. – № 9. – С. 45 – 48.
2. Селиванова, З. М. Оценка надежности информационно-измерительной системы теплофизических свойств материалов при воздействии дестабилизирующих факторов / З. М. Селиванова, Т. А. Хоан // Надежность и качество сложных систем. – 2017. – № 4. – С. 13 – 19.
3. Approximation of Distribution Law Of Experimental Test Data to Assess Reliability of Information-Measuring and Control Systems / Yu.T. Zyryanov, I. G. Ryazanov, A. Yu. Naumova, et al. // Journal of Physics: Conference Series.

XIII International Scientific and Technical Conference “Applied Mechanics and Systems Dynamics”. – 2020. – P. 012081.

4. Application of Generalized Distribution Laws for the Reliability Assessment of Information and Measuring Systems of Energy Saving Control / Yu. T. Zyryanov, N. G. Chernyshov, I. G. Ryazanov, et al. // In Journal of Physics Conference Series. – 2019. – V. 1172, No. 1.

ОБРАБОТКА СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

А. И. Иванин, Р. Ю. Курносков

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: ivanin-3@yandex.ru)

Сегодня одним из важных средств мониторинга поверхности земли и исследования земной атмосферы являются снимки, полученные с метеорологических спутников. Такие спутники способны сканировать земную поверхность практически во всех интервалах спектра. Каждый сенсор снимает поверхность земли в своем четко определенном интервале спектра и в итоге формирует гиперспектральные данные. Для эффективного приема и передачи гиперспектральной информации необходима разработка специализированных антенных комплексов и приемо-передающих устройств, обеспечивающих высокое качество связи и впоследствии минимизацию потерь данных. Обработав снимки, можно выявлять такие важные характеристики поверхности земли, как состояние и влажность почвы, температура поверхности, оценка урожайности, местоположение территорий с лесными пожарами и т.д. Тем не менее в процессе решения задач по обработке гиперспектральных данных возникают определенные проблемы. Одна из них заключается в высокой размерности измеренных данных, подлежащих обработке. Другая проблема связана с количеством спектральных каналов. Третья, не менее важная проблема состоит в изменчивости спектральных кривых, на которых основан принцип распознавания объектов. Поэтому, наряду с развитым арсеналом традиционных вычислительных методов обработки, все чаще начинают использовать нейросетевые подходы с использованием сверточных нейронных сетей и глубокого обучения. Нейронные сети применяются для решения задачи классификации, являющейся важным аспектом во множестве задач гиперспектрального дистанционного зондирования, в которых используются сети-автоэнкодеры, т.е. нейросеть специальной архитектуры, позволяющая применять обучение без «учителя» при использовании метода обратного распространения ошибки [1]. Методы классификации, основанные на сетях-автоэнкодерах, работают быстрее и эффективнее, чем другие алгоритмы (логистическая регрессия, метод опорных векторов, байесовский классификатор и др.). Еще одной из распространен-

ных задач в гиперспектральном дистанционном зондировании является применение семантической сегментации, когда осуществляется процесс классификации объектов изображения и окрашивания каждого объекта в соответствующий классу цвет. Она применяется для анализа спутниковых снимков при создании карт, изучении природных ресурсов, градостроительстве, управлении земельными ресурсами и др. Для семантической сегментации цветных спутниковых изображений разработана шестислойная сверточная нейронная сеть с тремя сверточными слоями, одним подвыборочным и двумя полносвязными, обученная на нескольких тысячах изображений размером 1500×1500 пикселей с точностью сегментации 85% [2]. В настоящей работе, по обработке метеоданных, получаемых со спутников, применяется разработанный антенный комплекс в составе квадрилиярной спиральной антенны на частотах 137 МГц и 1,7 ГГц и программно-определяемой платформы на основе нейронных сетей для задач гиперспектрального дистанционного зондирования. Важность развития специализированных антенных комплексов и приемопередающих устройств подчеркивает необходимость дальнейшего совершенствования инфраструктуры приема и обработки данных. Применение инновационных подходов, таких как нейросети и глубокое обучение, существенно повышает эффективность процессов анализа и интерпретации гиперспектральных данных наряду с разработкой новейших антенных комплексов и систем связи. Благодаря высоким возможностям прогностических моделей, устойчивости к шумовым помехам, быстрой обработке больших массивов данных и адаптации к меняющимся условиям, нейросетевые методы постепенно заменяют традиционные способы анализа. Таким образом, перспективы внедрения новых технологий обеспечивают широкие возможности для повышения качества мониторинга и оптимизации процесса принятия обоснованных решений на основе научных исследований в различных областях человеческой деятельности.

Библиографический список

1. Басс, Л. П. Сверточные нейронные сети с глубоким обучением в задачах обработки гиперспектральных спутниковых данных / Л. П. Басс, М. Г. Кузьмина, О. В. Николаева // Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша. – 2018. – № 282. – 32 с.
2. Семантическая сегментация данных дистанционного зондирования Земли при помощи нейросетевых алгоритмов / А. А. Друки, В. Г. Спицын, Ю. А. Болотова, А. А. Башлыков // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2018. – Т. 329, № 1. – С. 59 – 68.

ОПЕРАТИВНОЕ РАЗВЕРТЫВАНИЕ СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РОЯ БПЛА

В. С. Иванов, В. И. Черенков

МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Россия
(e-mail: ivanovmirea@yandex.ru; v.i.c.mirea@gmail.com)

Введение. Для развертывания систем связи в городской и сельской местности применяются базовые станции, устанавливаемые на земле или на крышах зданий. При проведении операций по ликвидации чрезвычайных ситуаций службы спасения используют наземные мобильные базовые станции для установки устойчивого соединения. Такие базовые станции могут быть установлены в доступных для проезда транспорта местах. Если территория чрезвычайной ситуации имеет большую площадь, то необходимо грамотно расположить такие базовые станции либо установить ретрансляторы, обеспечивающие связь в любой точке. Альтернативным способом организации связи является использование БПЛА в качестве ретрансляторов сигналов. Для покрытия связью больших территорий возможно применение роя БПЛА.

Материалы и методы. В настоящее время известно несколько вариантов развертывания роя БПЛА: без взаимодействия и со взаимодействием. В случае развертывания роя БПЛА без взаимодействия все БПЛА подключаются напрямую к базовой станции и не взаимодействуют друг с другом. При развертывании роя БПЛА со взаимодействием возможны несколько сценариев [1]:

- все БПЛА могут взаимодействовать друг с другом через наземную станцию. Это единственное отличие от развертывания роя БПЛА без взаимодействия;

- БПЛА подключаются к выделенному дрону, который взаимодействует с наземной базовой станцией. Возможна организация кластерной сети с использованием большого количества БПЛА и главных дронов, которые позволят покрыть связью большие территории;

- БПЛА имеют возможность взаимодействовать друг с другом напрямую без главных дронов. Такой вариант носит название – сеть Adhoc. Масштабировать систему можно за счет создания множества кластеров, каждый из которых будет иметь главный дрон, необходимый для взаимодействия с соседними кластерами.

Заключение. Задача по разработке метода организации связи в труднодоступных местах с использованием современных средств моделирования и оптимальных алгоритмов взаимодействия БПЛА друг с другом является актуальной. Важность оперативного развертывания связи с применением БПЛА не поддается сомнению. Военные операции, поиск пропавших людей, ликвидация стихийных бедствий – далеко не полный список тех случаев, когда данных вид связи востребован.

Для решения данной задачи необходимо:

- разработать алгоритм взаимодействия и взаимозаменяемости БПЛА;
- адаптировать алгоритм размещения наименьшего количества БПЛА в воздухе в целях установления устойчивого соединения и покрытия связью заданной территории;

– рассчитать параметры приемо-передающего оборудования и провести экспериментальную проверку по разработке антенны передатчика с применением 3D-MID-технологии;

– рассмотреть возможность оперативного развертывания нескольких роев БПЛА в разных местах и передачи данных через спутниковую связь в главный штаб.

Оперативное развертывание системы связи позволяет спасательным службам быстрее приступить к ликвидации чрезвычайных ситуаций. Рой БПЛА может обеспечить покрытие связью больших территорий, а также передавать информацию с датчиков в центр принятия решений. Автоматизация развертывания роя БПЛА ускорит процесс организации связи и уменьшит трудозатраты человека.

Библиографический список

1. Довгаль, В. А. Интеграция сетей и вычислений для построения системы управления роем дронов как сетевой системы управления / В. А. Довгаль, Д. В. Довгаль // Вестник Адыгейского государственного университета. Сер.: Естественно-математические и технические науки. – 2022. – Вып. 1(296). – С. 62 – 76.

2. Как работает «мозг» дрона? Алгоритм управления [Электронный ресурс] // IXBT Live. – URL : <https://clck.ru/3JXoNq> (дата обращения: 04.03.2025).

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЯЕМОСТИ СОВРЕМЕННЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ, ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

А. Г. Ивануткин, А. В. Блинов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени проф. Н. Е. Жуковского
и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия
(e-mail: blinov.76@yandex.ru)

Проблема обеспечения безопасности полетов является одной из приоритетных задач отечественной авиапромышленности.

В соответствии с Воздушным кодексом Российской Федерации государственная и гражданская авиация являются различными видами авиации [1]. Регулирование деятельности в области государственной и гражданской авиации осуществляется соответствующими уполномоченными органами в области обороны (Минобороны России) и в области гражданской авиации (Минтранс России). На государственную авиацию возложен широкий спектр задач, успешное решение которых невозможно без наличия на пунктах управления полетами авиации и у экипажей воздушных судов своевременных и достоверных сведений об обстановке в воздухе, радионавигационных и навигационно-временных данных.

Источниками информации о воздушной обстановке в системе радиотехнического обеспечения полетов гражданской авиации являются трассовые и аэродромные радиолокаторы, работающие как по первичному, так и по вторичному каналам. Зона видимости радиолокационных средств на высоте полета воздушного судна 10 000 м по первичному каналу обработки радиолокационной информации составляет более 90% территории Российской Федерации, по вторичному каналу – более 98% территории Российской Федерации, на высоте полета ВС 6000 м зона видимости составляет по первичному каналу более 70% территории Российской Федерации и более 85% территории Российской Федерации – по вторичному каналу.

Предоставление радиолокационной, радионавигационной информации и другой полетной информации до заинтересованных абонентов может быть реализовано с использованием созданной инфокоммуникационной сети специального назначения, которая концептуально должна включать в себя следующие компоненты:

- радиотехнические средства государственной и гражданской авиации;
- стационарные и мобильные посты сбора и обработки радиотехнической информации;
- стационарные опорные и районные узлы связи;
- коммуникационную инфраструктуру, обеспечивающую передачу полетной информации на географически удаленные потребители;
- комплексы средств руководства полетами;
- информацию о воздушной обстановке в виде сигналов передачи данных, а также прикладное программное обеспечение, конвертирующее информацию из оригинальной формы в электронную форму, доступную другим пользователям данной инфокоммуникационной сети.

Основным требованием к данной системе является устойчивость, характеризующаяся способностью выполнять свои функции при выходе из строя части ее элементов в результате воздействия дестабилизирующих факторов [2].

Применение технологии автоматического зависимого наблюдения (АЗН-В/4), в интересах обеспечения полетов государственной авиации, может использоваться для контроля воздушного пространства в зонах отсутствия радиолокационного контроля, а также может дать возможность органам управления контролировать техническое состояние воздушного судна. Полетная информация от транспондеров воздушных судов передается на приемник, расположенный на низкоорбитальном спутнике (космический сегмент) [3] и ретранслируется на станцию спутниковой связи (наземный сегмент космического эшелона), откуда по кабельной линии связи поступает на ближайший узел связи для включения в общую систему управления авиацией.

Таким образом, представленная система управления авиацией должна быть построена на основе гибридного подхода, где в качестве транспортной инфраструктуры применяются сети связи общего пользования с использованием протоколов, применяемых в гражданском сегменте связи, что определяет необходимость согласования протоколов обмена данными [2].

Библиографический список

1. Воздушный кодекс и Федеральные авиационные правила 2017. – М. : ООО «Авиатека», 2017. – С. 11.
2. Макаренко, С. И. Перспективы и проблемные вопросы развития сетей связи специального назначения / С. И. Макаренко // Системы управления, связи и безопасности. – 2017. – № 2. – С. 18 – 68. – URL : <http://sccs.intelgr.com/archive/2017-02/02-Makarenko.pdf> (дата обращения: 14.06.2024).
3. Климов, Ф. Н. Контроль воздушного пространства через космос / Ф. Н. Климов // Вычислительные сети. Теория и практика. – 2015. – № 2. – URL : <https://network-journal.mpei.ac.ru> (дата обращения: 12.06.2024).

АНАЛИЗ МЕТОДИК ОЦЕНКИ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОВРЕМЕННЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

А. Г. Ивануткин, А. В. Блинов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени проф. Н. Е. Жуковского
и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия
(e-mail: blinov.76@yandex.ru)

Оценка возможностей современных радиоэлектронных, информационных и управляющих систем может осуществляться, как правило, с использованием внутренних и внешних показателей. Внешние показатели предназначены для изучения современных радиоэлектронных, информационных и управляющих систем как самостоятельного процесса и для оценки его влияния на достижение требований, предъявляемых к управлению авиационным формированием. Внутренние показатели позволяют проводить оценку возможности подсистемы современных радиоэлектронных, информационных и управляющих систем по обеспечению выполнения соответствующих требований к системе управления.

Так как управление осуществляется на основе анализа поступающей информации, то в настоящее время принято, что устойчивость управления зависит от своевременности поступления, необходимой для принятия решения, информации, пока она не потеряла своей актуальности. В связи с этим, в качестве обобщенного показателя принимается способность современных радиоэлектронных, информационных и управляющих систем обеспечить своевременный обмен требуемым объемом информации.

Так как информационный обмен в процессе управления осуществляется в нескольких информационных направлениях, каждое из которых будет характеризоваться своим коэффициентом важности (приоритетности) и вероятностью своевременного прохождения информационных сообщений, то критерий показателя своевременности связи можно представить в виде выражения

$$P_{\text{св}} = \sum_{i=1}^n a_i P_{\text{сви}}, \quad (1)$$

где a_i – весовой коэффициент i -го направления связи (зависит от информационной нагрузки на информационном направлении по отношению к общей нагрузке); n – количество информационных направлений.

Таким образом, в качестве общих показателей возможности современных радиоэлектронных, информационных и управляющих систем по обеспечению управления выбирают способность системы обеспечить своевременный обмен требуемого объема информации в каждом информационном направлении в отдельности и значениями данных показателей будут являться соответственно вероятности своевременного прохождения информационных сообщений на i -м направлении. Которые в свою очередь зависят от вероятностей своевременного прохождения информации j -х видов связи.

Выполнение задач государственной авиации осуществляется в ходе выполнения полетов как по определенным воздушным трассам, так и вне воздушных трасс, при этом каждый полет воздушного судна (ВС) условно можно разбить на следующие этапы [1]:

- взлет и построение боевого порядка;
- полет в район выполнения авиационных работ;
- действия в районе выполнения авиационных работ;
- полет в район аэродром посадки;
- роспуск боевых порядков и выполнение посадки.

Таким образом, справедливо предположить, что эффективность радиотехнического обеспечения государственной авиации определяется успешностью выполнения каждого этапа полета ВС.

Дальность прямой видимости определяется исходя из метеорологической обстановки в районе выполнения авиационных работ. Наихудшими условиями для их выполнения являются сложные метеорологические условия [2].

С выходом в район аэродрома будет осуществляться роспуск боевого порядка, заход на посадку и посадка. Цель этапа – выполнение успешной посадки с первого захода, исключаяющей потери летного состава и авиационной техники. На заключительном этапе полета перед РТО стоят задачи по обеспечению вывода экипажей в точку начала снижения (ТНС) и информацией о местоположении самолета в воздушном пространстве относительно аэродрома и на посадочном курсе, об отклонениях от ЛЗП, по обеспечению визуального контакта с ВПП и о местах стоянок. Значения точности выхода в ТНС зависят от точностей: определения путевой скорости, ее выдерживания, выдерживания курса полета [3].

Таким образом, принятые критерии характеризуют эффективность современных радиоэлектронных, информационных и управляющих систем при решении отдельно взятых частных задач в ходе выполнения полетных заданий. Они учитывают большое число параметров и органично входят в критерий более высокого уровня, принятого за обобщенный. Это позволяет определить их в качестве общих критериев эффективности.

Библиографический список

1. Ермишян, А. Г. Теоретические основы построения систем военной связи в объединениях и соединениях : учебник. Ч. 1. Методологические основы построения организационно-технических систем военной связи / А. Г. Ермишян. – СПб. : ВАС, 2005. – 740 с.
2. Костарев, С. В. Практические выводы из опыта организации связи в международном военном конфликте / С. В. Костарев, И. Г. Воробьев // Военная мысль. – 2022. – № 1. – С. 87–88.
3. Ивануткин, А. Г. Интеграция связи, РТО и автоматизации управления авиацией / А. Г. Ивануткин // Вестник академии военных наук. – 2015. – № 4. – С. 65 – 71.

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ КОМИТЕТА ПО УПРАВЛЕНИЮ МУНИЦИПАЛЬНЫМ ИМУЩЕСТВОМ

О. В. Исаева¹, И. А. Зауголков², А. А. Суслин²

¹Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: nolly1@rambler.ru)

²Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина»,
Тамбов, Россия
(e-mail: inter64@gmail.com)

Разработка комплексной защиты информации – это основная проблема производственных предприятий. При этом созданный комплекс защиты информации не должен приводить к ощутимым трудностям в работе предприятия, а разработка интегрированной защиты комплекса защиты информации должна быть экономически оправдана [1].

Объектами аттестации являются объекты информатизации «ЛВС-Бухгалтерия и кадры» (два кабинета) и «ЛВС-Услуги и обращения граждан» (два кабинета). Комитет по управлению муниципальным имуществом. Субъектами доступа автоматизированной системы объекта информатизации АРМ являются пользователи и администратор защиты информации. Пользователи имеют равный доступ к защищаемым ресурсам ИС.

В ходе проведения организационных мероприятий на объекте доступа утвержден минимум требуемых локальных нормативных документов, приведенных в работе [2].

Анализ и моделирование угроз безопасности объекта защиты, а также расчет рисков информационной системы позволили выявить ключевые аспекты, требующие внимания и доработки. Без проникновения на объект: прослушивание каналов связи, преднамеренный разрыв каналов связи, перехват остаточных информационных сигналов и электромагнитных излучений, распространяющихся за пределы зоны безопасности объекта [3].

Анализ технических каналов утечки информации показывает, что наибольшую угрозу представляют электронные коммуникации, беспроводные

сети и акустические каналы [4]. Моделирование утечек и анализ угроз показывают, что наиболее вероятными источниками угроз являются сотрудники, бывшие сотрудники и внешние хакерские атаки.

В работе оценена экономическая эффективность предлагаемых мер. Этот подход подразумевает, что оптимальный уровень затрат на обеспечение безопасности должен быть равен ожидаемым потерям от нарушения безопасности. Таким образом, ключевым становится определение уровня потерь. Один из действенных методов оценки зависимости ожидаемых потерь от i -х угроз безопасности предложили специалисты компании IBM [5].

Через 16 месяцев после внедрения политики информационной безопасности ожидается, что она поможет защитить около двух миллионов рублей. Таким образом, можно с уверенностью сделать вывод о том, что разработанная и внедренная политика информационной безопасности является не только очень эффективной, но и экономически оправданной

Библиографический список

1. Иванов, С. А. Защита информации в муниципальных органах: теория и практика / С. А. Иванов, В. Н. Петров. – М. : Академический проект, 2021. – 280 с.
2. Комитет по управлению муниципальным имуществом: Политика информационной безопасности. [Электронный ресурс]. – URL : <https://kumi.gov.ru/documents/policy/security> (дата обращения: 13.05.2024).
3. Никифоров, А. Д. Принципы и методы защиты информации / А. Д. Никифоров, Ю. П. Лебедев. – СПб. : Питер, 2022. – 330 с.
4. Зауголков, И. А. Информационно-методическое обеспечение подготовки бакалавров в области комплексной системы защиты информации / И. А. Зауголков, Д. И. Коротыч, О. В. Исаева // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : сб. материалов III Междунар. науч.-практ. конф. – 2016. – С. 268 – 272.
5. Выбор и обоснование методики расчета экономической эффективности [Электронный ресурс]. – URL : <http://zdamsam.ru/a72347.html> (дата обращения: 17.05.2024).

ИССЛЕДОВАНИЕ МЭМС-ДАТЧИКА MPU-6050 ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ

М. А. Кулапин, А. Ю. Тычков, А. А. Кузнецова

Пензенский государственный университет, Пенза, Россия
(e-mail: qulapinmisha@gmail.com; tychkov-a@mail.ru; rtech@pnzgu.ru)

Современные инерциальные измерительные системы на основе МЭМС-технологии позволяют отслеживать ориентацию (крен, рыскание, тангаж) в пространстве с высокой точностью и минимальными задержками. MPU-6050 состоит из трехосевых МЭМС-гироскопа и МЭМС-акселерометра.

МЭМС-гироскоп состоит из трех независимых одноосных вибрационных датчиков угловой скорости (MEMS-гироскопов), которые реагируют на вращение вокруг осей X, Y, Z. Две подвешенные массы совершают колебания по противоположным осям. При изменении угловой скорости эффект Кориолиса вызывает изменение направления вибраций, которые считываются емкостным датчиком. Измеряемая дифференциальная емкостная составляющая пропорциональна углу перемещения. Данный сигнал проходит этапы усиления, демодулирования и фильтрации. После чего получившееся напряжение пропорционально угловой скорости вращения. Аналого-цифровой преобразователь, встроенный в датчик оцифровывает данные для работы с микроконтроллером. МЭМС-акселерометр использует для каждой оси отдельную пробную массу, которая смещается при возникновении ускорения вдоль данной оси (фиксируются емкостными датчиками) [1, 2].

Данные всех устройств сохраняются во внутренних регистрах данных. Внешние микропроцессоры могут получить доступ к этим регистрам данных через I2C- или SPI-интерфейсы. Схема получения данных на выходе датчика представлена на рис. 1.

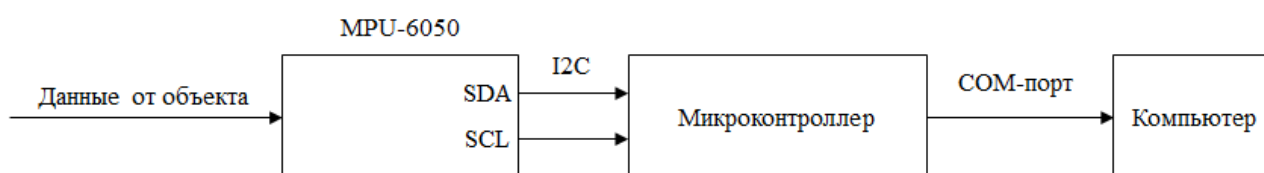


Рис. 1. Схема получения данных на выходе датчика

Для исследования был собран экспериментальный макет, состоящий из датчика MPU-6050, платы Arduino Uno с микроконтроллером ATmega 328p и COM-порта, соединенного с компьютером. Изображение макета представлено на рис. 2.

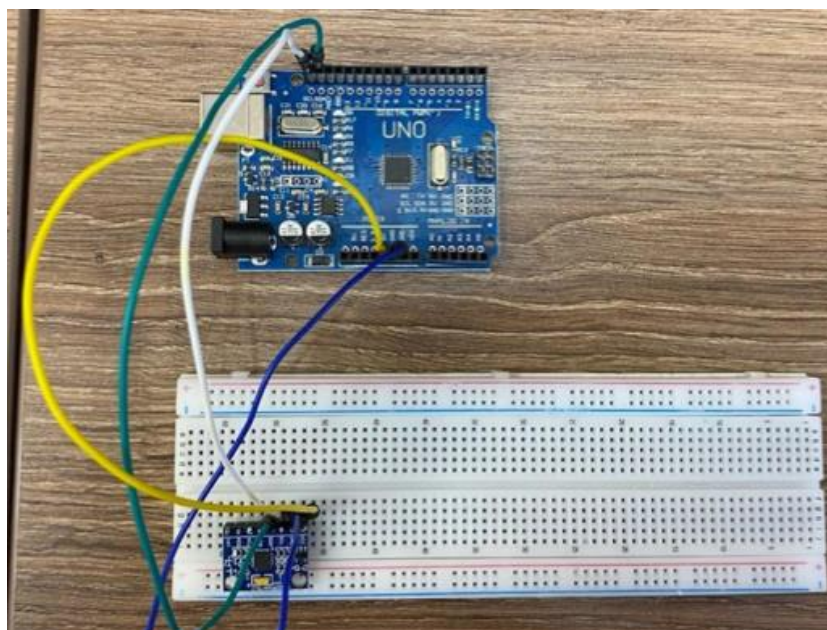


Рис. 2. Экспериментальный макет для исследования датчика

Эксперименты с гироскопом и акселерометром показали, что оба датчика эффективно определяют углы наклона макета в пространстве, но у них есть свои ограничения. Гироскоп обеспечивает точное измерение углов при движении, но накапливает погрешность в состоянии покоя из-за смещения нуля. Акселерометр правильно определяет ориентацию в статическом режиме, но склонен к искажениям при резких ускорениях и вибрациях [3].

Использование фильтра Калмана (или альтернативных фильтров, таких как фильтр Маджика или дополнительный фильтр) сводит к минимуму недостатки каждого датчика за счет объединения их данных для более точного и стабильного определения углов (тангажа, крена, рыскания).

Таким образом, оптимальным решением является объединение показаний гироскопа и акселерометра с использованием специализированных фильтров, что обеспечивает высокую точность измерений как в динамике, так и в статике, без накопления ошибок.

Библиографический список

1. Прибиль, И. А. Устройство МЭМС-датчиков / И. А. Прибиль // Аллея науки. – 2018. – № 7. – С. 543 – 547.
2. Пат. РФ 2021619576. Модель обработки сигналов с базовой микросхемы гироскопа-акселерометра MPU 6050 / Муравлев М. В. – Заявл. 07.06.2021 ; опубл. 15.06.2021.
3. Михайлов, В. Г. Считывание, первичная обработка ускорений и углов наклона с MPU-6050 и запись их на SD карту ARDUINO DUE / В. Г. Михайлов // Системный анализ и прикладная информатика. – 2016. – № 4. – С. 53 – 60.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗРЕШЕНИЯ ИНВЕРСНОГО ФИЛЬТРА С КОРРЕКЦИЕЙ

А. С. Мертвищев, О. А. Хамарицкая, А. М. Масликов

Поволжский государственный технологический университет,
Йошкар-Ола, Россия
(e-mail: HamaritskayaOA@volgatech.net)

Одним из подходов к достижению сверхрэлеевского разрешения по дальности является использование инверсной фильтрации. Инверсная фильтрация предполагает обработку сигнала таким образом, чтобы обеспечить оптимальное выделение полезной информации даже при малых расстояниях между объектами. Одним из эффективных подходов к повышению качества фильтрации является применение метода коррекции базиса, который направлен на повышение эффективности процесса фильтрации посредством внесения корректирующей компоненты на различных этапах обработки [1, 2].

При анализе качества работы фильтра ключевыми показателями выступают:

– характеристика разрешения-обнаружения, отражающая вероятность выявления двух отчетливых пиков на выходе фильтра;

– характеристика разрешения-оценки параметров, определяющая вероятность точного установления временного положения пиков.

Обе характеристики находятся в зависимости от уровня отношения сигнал/шум и величины порога обнаружения.

Проведенные исследования выявили следующие закономерности:

1. Отношение сигнал/шум: Увеличение отношения сигнал/шум способствует росту вероятности правильного обнаружения.

2. Порог обнаружения: Его снижение усиливает чувствительность системы к незначительным изменениям сигнала, способствуя лучшему обнаружению и оценке параметров.

Однако наиболее значительным результатом стало внедрение метода коррекции базиса. Этот подход позволил добиться преимуществ по сравнению с традиционной инверсной фильтрацией, особенно при неблагоприятных условиях низкого отношения сигнал/шум.

Полученные результаты подтверждают перспективы метода коррекции базиса для повышения эффективности инверсной фильтрации.

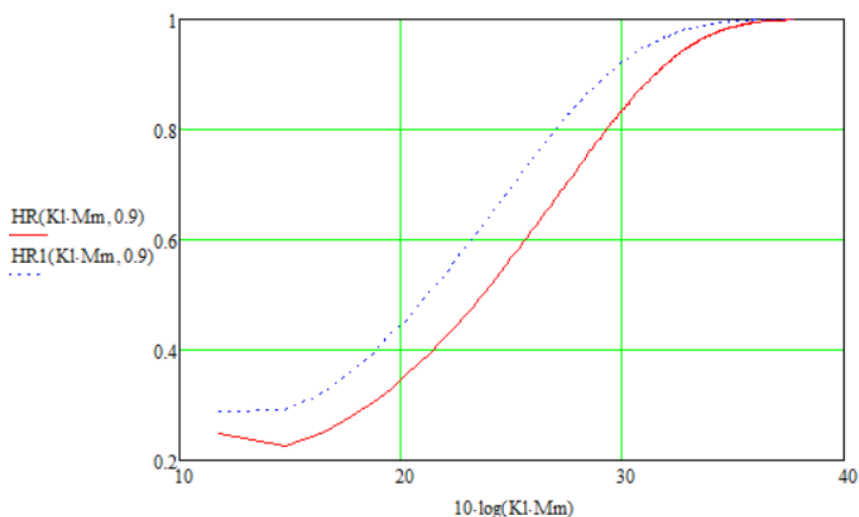


Рис. 1. Зависимость вероятности разрешения-обнаружения с результатами:
а – до применения метода коррекции; б – после применения метода коррекции

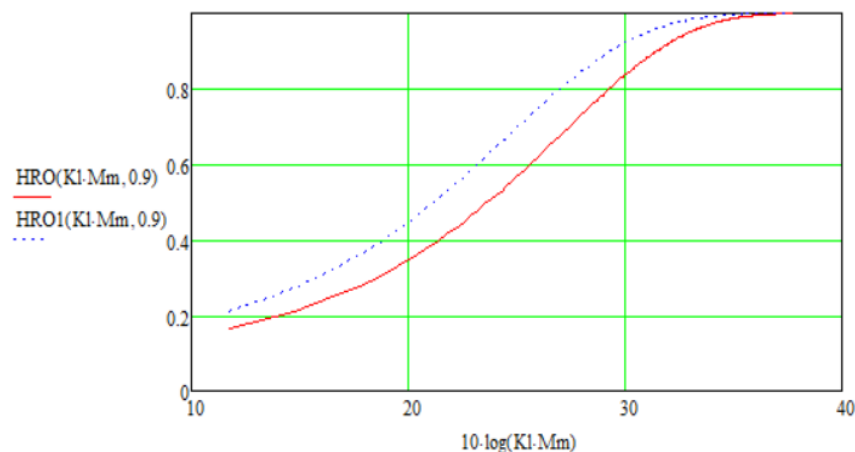


Рис. 2. Зависимость вероятности разрешения-оценки параметров с результатами:
а – до применения метода коррекции; б – после применения метода коррекции

Библиографический список

1. Применение метода коррекции базиса для устранения неопределенности при синтезе инверсного фильтра / Р. Г. Хафизов, Е. А. Григорьевых, Е. С. Пахмутова и др. // Журнал радиоэлектроники: электронный журнал. – 2022. – № 12.
2. Повышение разрешающей способности по дальности на основе применения инверсной фильтрации с коррекцией / О. А. Хамарицкая, А. С. Мертвищев // Распространение радиоволн : I Всерос. молодеж. науч. школа-конф. – Йошкар-Ола, 2024. – С. 92 – 94.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В ФАЗИРОВАННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТКАХ

С. К. Казьмин, М. А. Фомин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: serzh.kazmin.123@gmail.com)

Современные беспроводные технологии предъявляют высокие требования к управлению электромагнитными волнами, особенно в условиях роста числа пользователей и увеличения частотного диапазона. Фазированные антенные решетки (ФАР) являются ключевым элементом в радиолокации, системах связи, в том числе и космических благодаря возможности электронного сканирования луча [1]. Однако традиционные ФАР обладают рядом ограничений: высокой стоимостью, сложностью в управлении и значительным потреблением энергии.

В последние годы активно развивается концепция интеллектуальных поверхностей (ИП, англ. Reconfigurable Intelligent Surfaces, RIS), которые позволяют динамически перестраивать параметры отраженного или преломленного сигнала без активного излучения [2]. Интеграция ИП с ФАР открывает новые возможности для повышения эффективности систем формирования луча, что особенно актуально для технологий 6G, адаптивных радиолокационных систем и спутниковой связи.

Принципы работы интеллектуальных поверхностей

Интеллектуальные поверхности представляют собой двумерные структуры, состоящие из множества перестраиваемых элементов (метаатомов), способных изменять амплитуду, фазу и поляризацию электромагнитной волны. В отличие от активных фазовращателей, ИП функционируют в пассивном или полуактивном режиме, что обеспечивает высокую энергоэффективность [3].

Методы управления электромагнитными свойствами ИП

Настройка параметров ИП осуществляется с помощью следующих технологий:

- Электронные компоненты: варикапы, PIN-диоды, MEMS-переключатели позволяют изменять резонансные характеристики элементов в реальном времени [2].

- Графеновые элементы: благодаря регулируемой проводимости графена возможно создание широкополосных перестраиваемых поверхностей [3].

Интеграция ИП с фазированными антенными решетками

Комбинирование ФАР и ИП позволяет преодолеть ограничения традиционных антенных систем. Основные преимущества [5]:

- Расширение зоны покрытия: ИП, размещенные вблизи ФАР, компенсируют затененные области и увеличивают угол сканирования.

- Снижение энергопотребления: частичная замена активных фазовращателей пассивными ИП уменьшает нагрузку на систему и ее стоимость.

- Адаптивное управление: ИП динамически компенсируют интерференцию и многолучевое распространение [5].

Примеры практической реализации

- Сети 6G: ИП используются для управления миллиметровыми волнами, обеспечивая устойчивую связь в условиях высоких помех [4].

- Радиолокационные системы: повышение разрешающей способности за счет формирования сложных диаграмм направленности.

- Космические коммуникации: направление луча антенны на спутник и обратно.

Интеллектуальные поверхности представляют собой перспективную технологию для интеграции с фазированными антенными решетками, обеспечивая гибкое и энергоэффективное управление диаграммой направленности.

Библиографический список

1. Qingqing, Wu. Intelligent Reflecting Surface Enhanced Wireless Network / Wu. Qingqing, Rui Zhang // IEEE Journal on Selected Areas in Communications. – 2020. – URL : <https://ieeexplore.ieee.org/document/8811733>

2. Marko Di Renzo, Sergei Tretyakov и др. «Smart Radio Environments Empowered by Reconfigurable Intelligent Surfaces: How it Works, State of Research, and Road Ahead» // Proceedings of the IEEE, 2021. – URL : <https://ieeexplore.ieee.org/document/9140329>

3. Yin Zhang и др. «Graphene-Enabled Tunable Phase Gradient Metasurface for Broadband Dispersion Manipulation of Terahertz Wave» // Nature Communications, 2022. – URL : https://www.researchgate.net/publication/375094207_Graphene-Enabled_Tunable_Phase_Gradient_Metasurface_for_Broadband_Dispersion_Manipulation_of_Terahertz_Wave

4. Ertugrul Basar и др. «Reconfigurable Intelligent Surfaces for 6G: Emerging Trends and Challenges» // IEEE Wireless Communications, 2023. – URL : <https://ieeexplore.ieee.org/document/10596064/>

5. Kiryupin, M., Belousov, O., Trishakov, A., Trapeznikova, O., Varepo, L. «Application of Fuzzy Logic Algorithms in Beamformers of Antenna Complexes» // 2023 International Scientific and Technical Conference on Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines, Dynamics 2023 – Proceedings, 2023. – URL : <https://ieeexplore.ieee.org/document/10349490>

АНАЛИЗ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АНАЛОГОВЫХ БЛОКОВ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Т. И. Чернышова, Р. Ю. Курносов, П. И. Карелин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: dekan_chti@mail.ru; romankurnosov@yandex.ru;
pavel.karelin.74@yandex.ru)

Информационно-измерительной системы (ИИС) находят широкое применение в производстве и научных исследованиях для проведения необходимых измерительных экспериментов. Достоверность и качество получаемой измерительной информации при этом определяются метрологической надежностью (МН). Проектирование ИИС с достаточной величиной метрологической надежности, а именно метрологического ресурса t_p , и контроль этого показателя на стадии эксплуатации является важной задачей.

Как известно, МН ИИС определяется МН аналоговых блоков (АБ), составляющих измерительный канал. Поэтому оценка МН АБ важна как при проектировании АБ, так и при проведении метрологических проверок на стадии эксплуатации АБ, что позволяет определить возможное время наступления метрологического отказа АБ и ИИС в целом.

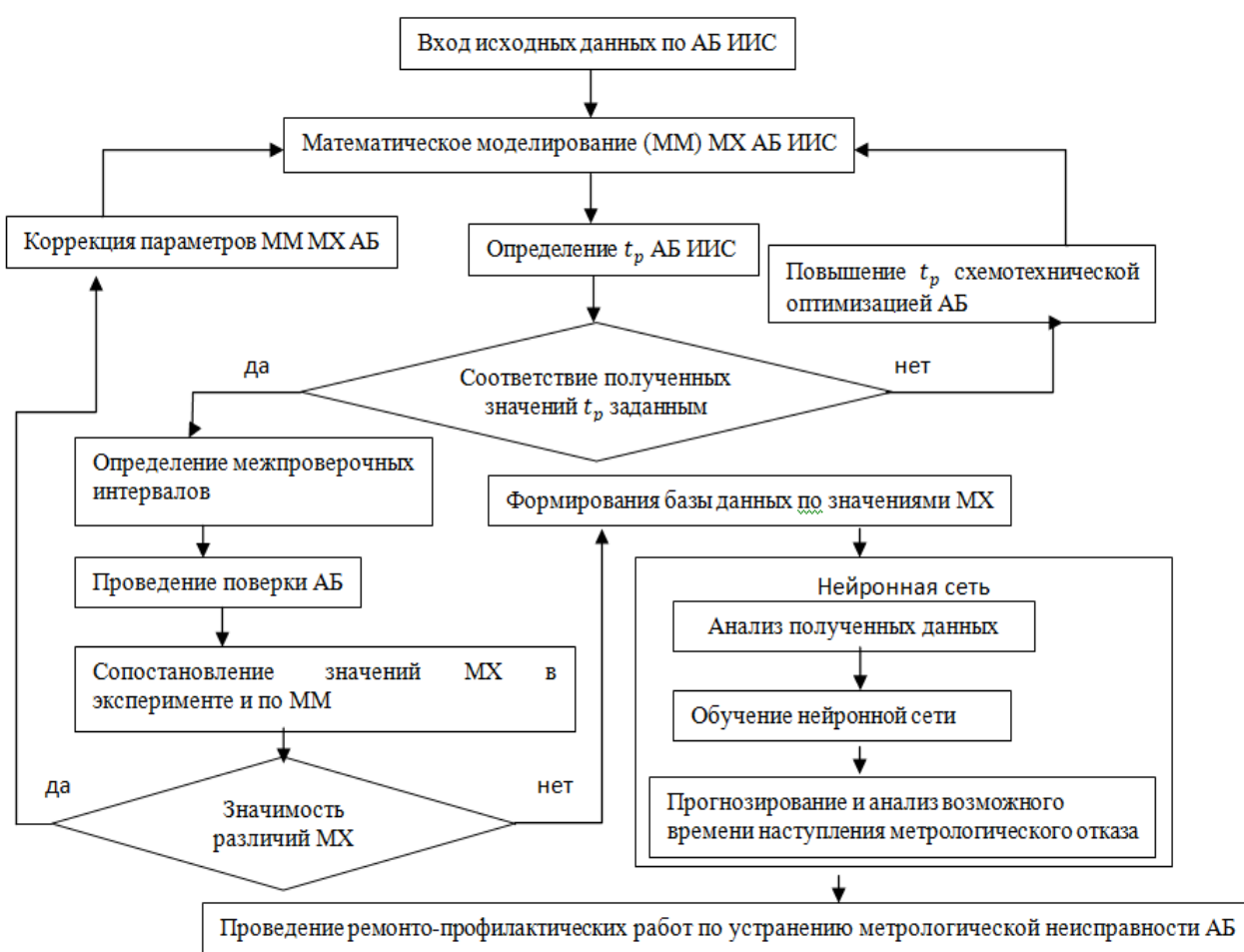


Рис. 1. Алгоритм оценки МН при проектировании и эксплуатации АБ ИИС

Разработан комплексный алгоритм оценки МН при проектировании АБ ИИС (рис. 1). В основе предлагаемого подхода к оценке МН АБ на стадии проектирования положен метод аналитико-вероятностного прогнозирования состояния метрологических характеристик (МХ) АБ с применением математического моделирования МХ [1]. При этом достижение требуемого показателя МН реализуется схмотехнической оптимизацией разрабатываемых АБ ИИС.

На этапе эксплуатации по данным поверок, время проведения которых определяется построенной математической моделью МХ, может осуществляться коррекция разработанных математических моделей МХ в целях их использования для более точного прогноза состояния МХ и МН на последующие межповерочные интервалы времени эксплуатации. Сформированная база данных по значениям МХ анализируется с помощью нейронной сети, позволяющей оперативно оценивать приближение исследуемого АБ к метрологическому отказу.

Проведенный с помощью нейронной сети в режиме реального времени в период непрерывной эксплуатации АБ анализ накапливаемой информации позволяет дать рекомендации по проведению ремонтно-профилактических работ либо по замене исследуемого блока в структуре ИИС, применяемой в измерительном эксперименте.

Библиографический список

1. Чернышова, Т. И. Оценка метрологической надежности аналогоцифрового преобразователя в структуре информационно-измерительной системы на этапе проектирования / Т. И. Чернышова, Р. Ю. Курносов, М. А. Каменская // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2019. – Т. 25, № 2. – С.180 – 189.

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЭКИПАЖАМИ ВЕРТОЛЕТОВ АРМЕЙСКОЙ АВИАЦИИ

Р. О. Кашеваров, А. В. Рябов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени проф. Н. Е. Жуковского
и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия
(e-mail: borAO07@mail.ru)

Армейская авиация в современной войне выполняет важнейшие задачи авиационной поддержки войск на переднем крае, а также транспортные задачи. Однако широкое применение противником средств противовоздушной обороны (ПВО) определяет тактику применения вертолетов армейской авиации в основном на малых и сверхмалых высотах [1]. Это затрудняет управление экипажами вертолетов с пунктов управления (ПУ) по каналам УКВ радиосвязи.

Следует отметить, что противник обладает значительным арсеналом высокоточных средств поражения различной дальности действия, способных поражать ПУ на глубину построения боевых порядков до 150...300 км.

Возникает противоречие. С одной стороны, уязвимость ПУ требует их перемещения от ЛБС вглубь своей территории на расстояние, превышающее радиус поражения средств поражения [2].

С другой стороны, это затруднит устойчивое управление подразделениями и экипажами вертолетов на всю глубину выполнения ими боевых задач посредством воздушной УКВ радиосвязи и приведет к необходимости увеличения радиообмена с использованием средств КВ радиосвязи, которые обладают существенными демаскирующими признаками (ДМП) для средств радиоэлектронной разведки противника. Таким образом, актуальной является задача повышения устойчивости управления экипажами вертолетов армейской авиации на основе совершенствования способов применения воздушной УКВ радиосвязи.

Рассмотрим возможность применения аэростатов в качестве ретрансляторов при организации воздушной радиосвязи.

На рисунке 1 представлен вариант сети воздушной УКВ радиосвязи, состоящей из узла отправителя сообщения (ПУ брАА), узла ретранслятора сообщения (бортовой ретрансляционный комплекс (БРТК) на привязном аэростате) и N-получателей сообщений (бортовые комплексы связи (БКС) вертолетов).

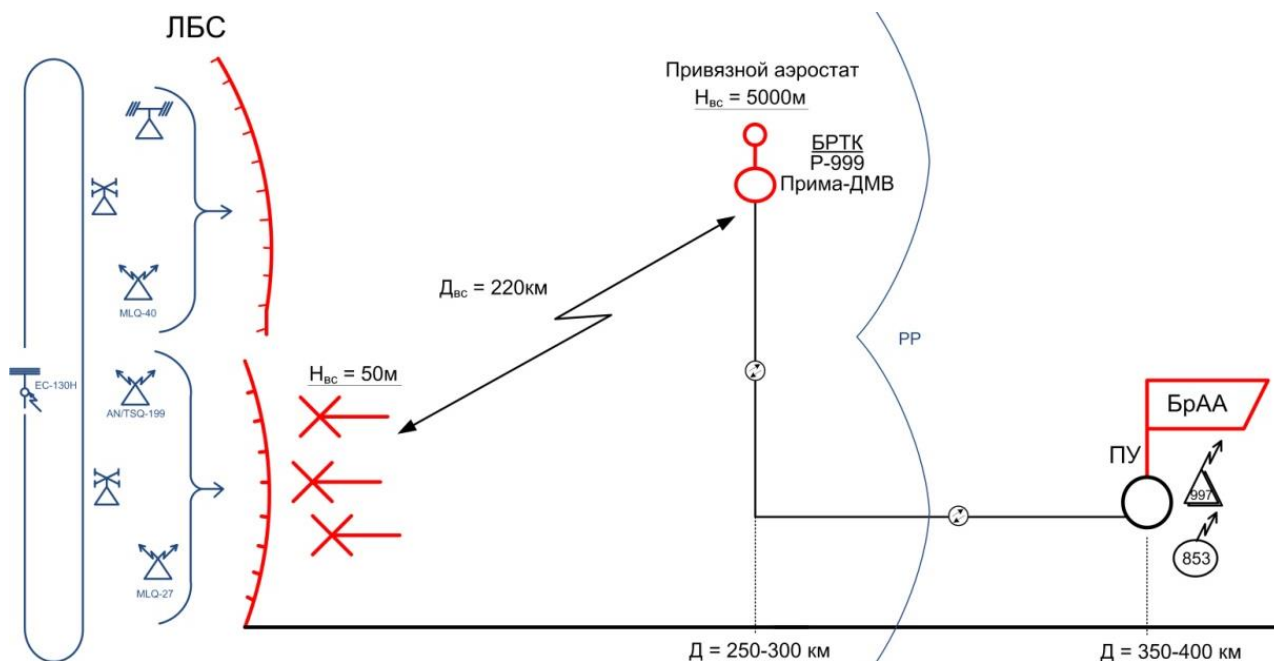


Рис. 1. Сеть воздушной УКВ радиосвязи с применением привязного аэростата в качестве ретранслятора

Для передачи командной информации и сигналов управления от ПУ до БРТК целесообразно использовать волоконно-оптическую линию связи (ВОЛС), что позволит вынести радиоизлучающие средства за пределы ПУ.

Место расположения БРТК выбирается исходя из условий распространения радиоволн в УКВ-диапазоне, требующих прямой видимости энергетических центров антенн [3]. Так, при высоте полета вертолетов 25...50 м и высоте подъема аэростата 5000 м удаление БРТК от ЛБС может быть выбрано в диапазоне 250...300 км. Это позволит вынести ПУ на расстояние не менее 300 км от ЛБС и снизит вероятность его огневого поражения.

Таким образом, предлагаемый способ повышения устойчивости УКВ радиосвязи на основе применения привязного аэростата в качестве ретранслятора позволит организовать ретрансляцию командно-сигнальной информации на расстояние прямой видимости при одновременном снижении ДМП ПУ.

Библиографический список

1. Дронов, С. В. Особенности тактики авиации в современных боевых действиях и пути ее совершенствования / С. В. Дронов, Г. А. Васильев, А. Н. Кирюшин // Военная мысль. – 2024. – № 1. – С. 15 – 21.
2. Бархударов, А. В. Оперативно-тактические ракеты США «Атакмс» вооруженных формирований Украины / А. В. Бархударов // Зарубежное военное обозрение. – 2025. – № 1. – С. 56 – 58.
3. Электродинамика и распространение радиоволн : учебное пособие / Д. Ю. Муромцев и др. – Санкт-Петербург, Москва, Краснодар : Изд-во «Лань», 2014. – 448 с.

КВАНТОВАЯ КРИПТОГРАФИЯ И МЕТОДЫ ЕЕ РЕАЛИЗАЦИИ

Д. С. Решетников, Д. Р. Хабибуллин, И. А. Хайров

Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

(e-mail: reshden2002@yandex.ru; gjgfgghgfd@gmail.com; ilshat.xayrov@mail.ru)

Квантовая криптография – это наука о шифровании и кодировании данных различными методами, основанными и реализованными на законах квантовой физики.

Квантовая криптография уже нашла применение в ряде областей, таких как защита коммуникаций, аутентификация и подпись документов. Ее использование позволяет обеспечить безопасную передачу информации между удаленными узлами с высоким уровнем защиты [1].

Квантовый бит, или кубит, представляет собой элементарную единицу информации в сфере квантовых вычислений. В отличие от классического бита, который может принимать только два значения – 0 или 1, кубит может находиться в состоянии, которое называется суперпозицией, т.е. быть одновременно и 0, и 1. На рисунке 1 представлено сравнение бита и кубита [2].

Количество информации, которое может быть представлено системой кубитов, растет в геометрической прогрессии. Для информации, которую могут представить 500 кубитов, недостаточно и 2^{500} классических битов [2].

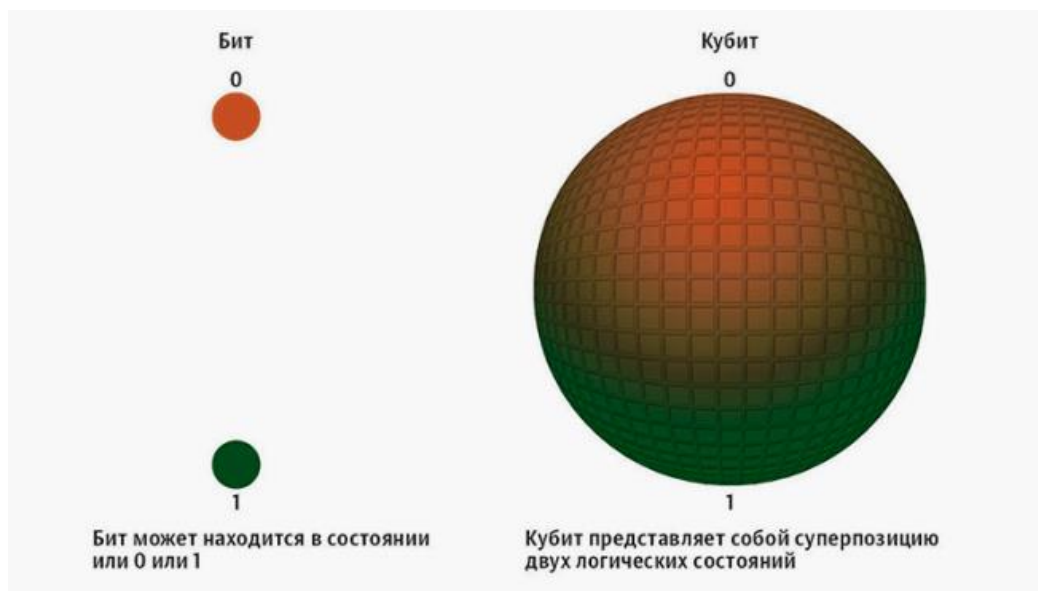


Рис. 1. Сравнение бита и кубита

Суперпозиция и запутанность дает возможность кубитам хранить больше данных, чем обычные биты. В системе, состоящей из нескольких кубитов, может возникнуть явление, известное как квантовая запутанность. В этом случае кубиты становятся взаимосвязанными, образуя единую систему. Даже если они находятся на большом расстоянии друг от друга, изменение состояния одного кубита мгновенно влияет на состояние другого, и наоборот.

Квантовое шифрование — это метод защиты информации, который использует особенности квантовых частиц света для создания безопасных каналов связи. В этом методе данные передаются через фотоны, которые несут информацию о своей поляризации [3].

Квантовое распределение ключей (QKD) обеспечивает высокий уровень защиты. В основе данного метода лежит идея создания ключа, который используется для шифрования и расшифрования сообщений. QKD представляет собой специфический метод обмена ключами с использованием квантовых свойств физического канала связи. Для передачи информации используются квантовые состояния, например поляризованные фотоны [4].

Принцип неопределенности Гейзенберга гласит, что любая попытка перехвата состояния фотона приведет к его изменению, что будет заметно для легального пользователя ключа.

Квантовая криптография представляет собой прорыв в защите информации, предлагая абсолютную безопасность благодаря законам квантовой механики. Несмотря на технологические и экономические ограничения, она имеет огромный потенциал и может стать основой будущих систем защиты данных.

Библиографический список

1. Голубчиков, Д. М. Квантовая криптография: принципы, протоколы, системы / Д. М. Голубчиков, К. Е. Румянцев // Всероссийский конкурсный отбор обзорно-аналитических статей по приоритетному направлению «информационно-телекоммуникационные системы». — 2008. — № 34. — С. 37.

2. Кубит в квантовых вычислениях [Электронный ресурс]. – URL : <https://azure.microsoft.com/ru-ru/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-a-qubit#Resources> (дата обращения: 25.12.2024).

3. Коллмитцер, С. Прикладная квантовая криптография / С. Коллмитцер, М. Пивк // Springer. – 2010. – С. 230.

4. Румянцев, К. Е. Эффективность волоконно-оптической системы передачи информации / К. Е. Румянцев, И. Е. Хайров // Информационное противодействие угрозам терроризма. – 2004. – № 2. – С. 50 – 52.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Е. А. Кузнецов

Государственный университет «Дубна», Дубна, Россия
(e-mail: gektvi@gmail.com)

Актуальность и проблематика. Современные автоматизированные системы конструкторско-технологической подготовки производства (АС КТПП) являются ключевым элементом цифровых производственных комплексов. Они решают широкий спектр критически важных задач, включая разработку электронной конструкторской и технологической документации. Однако в процессе жизненного цикла сложных технических изделий возникают фундаментальные проблемы при внесении изменений в их структуру.

Основная сложность заключается в корректном сопоставлении различных версий состава изделия. При замене компонентов на аналоги или перемещении узлов существующие системы управления жизненным циклом изделия (PLM) часто интерпретируют эти изменения как полное удаление одних элементов и добавление других. Это приводит к разрыву связей с ранее разработанной технологической документацией, ошибкам в производственном планировании и значительным временным затратам на анализ изменений информации.

Критика существующих решений. Современные системы контроля версий в АС КТПП имеют серьезные недостатки: сравнение структур работает только по идентификатору без учета смысла изменений, не поддерживает многоуровневый анализ и перемещение сложных узлов, а замена компонентов требует ручного указания аналогов для каждого элемента, что ведет к ошибкам.

Предлагаемый метод. Для решения указанных проблем разрабатывается комплексный подход, сочетающий глубокий анализ текстовых данных, многоуровневое сравнение структур на основе графовых моделей, интеллектуальные механизмы принятия решений для автоматического распознавания замен.

Ключевым преимуществом метода является сохранение технологических наработок при изменениях конструкции, что особенно важно для сложных технических систем с длительным жизненным циклом.

Практическая значимость. Внедрение разрабатываемого решения позволит сократить время обработки изменений конструкторской документации, уменьшить количество ошибок при переходе между версиями изделий, сохранить большую часть ранее разработанных технологических процессов при модификациях, а также повысить точность планирования производственных операций.

Перспективы развития. Дальнейшие исследования направлены на интеграцию метода с системами цифровых двойников, разработку механизмов прогнозирования последствий структурных изменений, а также на адаптацию под специфику различных отраслей, таких как авиастроение, энергетика и научное приборостроение.

Библиографический список

1. Атамкулова, М. Т. Методы и задачи машинного обучения в образовательной организации / М. Т. Атамкулова, У. Т. Аттокуров, К. Д. Мамарасул // Science and innovation, 2024. – Т. 3. – С. 679 – 682.
2. Гасфилд, Д. Строки, деревья и последовательности в алгоритмах / Д. Гасфилд. – СПб. : Невский диалект, 2003. – 657 с.
3. Min-wise Independent Permutations / A. Z. Broder, M. Charikar, A. M. Frieze, M. Mitzenmacher // Machinery. – 1998. – P. 327 – 336.
4. Broder, A. Z. On the Resemblance and Containment of Documents / A. Z. Broder // IEEE. – 1998. – P. 21 – 29.
5. Broder, A. Z. Identifying and Filtering Near-Duplicate Documents / A. Z. Broder // Springer-Verlag. – 2000. – P. 10.
6. Collection Statistics for Fast Duplicate Document Detection / A. Chowdhury, O. Frieder, D. Grossman, M. C. McCabe // ACM Transactions on Information Systems. – 2002. – V. 20. – No. 2, – P. 171 – 191.
7. An efficient Method to Detect Duplicates of Web Documents with the Use of Inverted Index / S. Ilyinsky, M. Kuzmin, A. Melkov, I. Segalovich. – 2002. – P. 4.

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ СВЯЗИ И РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ

К. А. Левшин, М. А. Стафеев

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени проф. Н. Е. Жуковского
и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия
(e-mail: siris260686@gmail.com)

Современные авиационные подразделения выполняют полеты в сложных и разнообразных условиях. Средства связи и радиотехнического обеспечения (далее – РТО) способны обеспечивать полеты в сложных условиях навигационной и радиолокационной обстановки, от них в наибольшей степени зависит

успех применения авиации. Отказ средства связи и РТО может привести к тяжелым последствиям. В связи с этим актуальным является исследование вопроса зависимости безопасности полетов от степени готовности средств связи и РТО. Для понимания сути управления безопасностью полетов необходимо уточнить, что подразумевается под термином «безопасность». Недопущение происшествий (или серьезных инцидентов) было бы желательным результатом, однако стопроцентный уровень безопасности является недостижимой целью. Несмотря на все усилия по предотвращению сбоев и ошибок, они, тем не менее, будут иметь место. Ни один вид человеческой деятельности и ни одна искусственная система не могут гарантированно считаться абсолютно безопасными, т.е. свободными от риска. Безопасность представляет собой состояние, при котором риск причинения вреда лицам или нанесения ущерба имуществу снижен до приемлемого уровня и поддерживается на этом либо более низком уровне посредством непрерывного процесса выявления источников опасности и контроля факторов риска.

В настоящее время растет понимание важности учета человеческого фактора при техническом обслуживании и подготовке средств связи и РТО к обеспечению полетов. В связи с этим в целях понимания роли человеческого фактора при подготовке и обеспечении полетов авиации Международной организацией гражданской авиации ИКАО была предложена модель для упорядоченного систематического подхода к пониманию проблем, связанных с влиянием человеческого фактора.

Модель Ризона поясняет, каким образом человек «содействует» нарушению работоспособности хорошо организованной системы, имеющей, однако, целый ряд недостатков и подверженной различным неблагоприятным факторам, независящим от авиационного персонала. В связи с этим отказы могут носить активный характер (проявляются незамедлительно по причине, связанной с нарушением (ошибкой) авиационного персонала) и скрытый характер, если нарушение допущено задолго до происшествия (при принятии решений или на уровне линейного руководства) [1].

Как показывает практика расследования авиационных происшествий и инцидентов, причины, связанные с человеческим фактором при техническом обслуживании и подготовке к обеспечению полетов средств связи и РТО, могут носить как личностный, так и организационный характер, при этом, как правило, выявляется множество различных факторов, одновременное появление которых просто не ожидалось.

В силу специфических особенностей ошибки человека при техническом обслуживании и подготовке к обеспечению полетов средств связи и РТО проявляются в форме, отличной от той, что имеет место в кабине воздушного судна или на командно-диспетчерском пункте. Летчик или группа руководства воздушным движением могут увидеть последствия своих ошибок до завершения полета. Ошибки при техническом обслуживании и подготовке к обеспечению полетов средств связи и РТО могут проявиться либо в период проведения предполетной подготовки, либо непосредственно в период полета воздушного судна [1].

Таким образом, необходимо изучение роли человеческого фактора при расследовании авиационных происшествий и инцидентов. Необходимо уделять больше внимания не индивидуальным ошибкам, а системным и организационным недостаткам, что может внести значительный вклад в минимизацию частоты ошибок, совершаемых человеком.

Библиографический список

1. Джунушалиев, Б. Д. Политика ИКАО в обеспечении безопасности полетов гражданской авиации / Б. Д. Джунушалиев // Вестник Кыргыз.-Рос. Славян. ун-та. – 2017. – Т. 17, № 4. – С. 58 – 61.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПЫТАНИЙ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ

А. А. Лупцов

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С. П. Королева, Самара, Россия
(e-mail: antonluptsov@yandex.ru)

Традиционные методы испытаний БАА часто не обеспечивают полной картины надежности оборудования. Они могут быть трудоемкими, длительными и не всегда выявляют скрытые дефекты. В условиях стремительного развития технологий и увеличения сложности авиационных систем возникает необходимость в более эффективных подходах к оценке надежности [1].

Современные методы оценки надежности включают следующее:

- моделирование и симуляция: позволяют предсказать поведение систем в различных условиях без необходимости проведения физических испытаний;
- анализ отказов и их последствий (FMEA): идентифицирует потенциальные точки отказа и оценивает их влияние на общую систему;
- использование цифровых двойников: создание виртуальных моделей оборудования для проведения испытаний в цифровой среде;
- интеграция автоматизированных систем контроля: обеспечивает непрерывный мониторинг параметров во время испытаний, позволяя оперативно выявлять отклонения [2].

Ключевым аспектом оптимизации является идентификация критических параметров, влияющих на надежность БАА. Для этого применяются методы:

- статистического анализа данных испытаний: определение параметров с наибольшим влиянием на отказоустойчивость;
- прогностической аналитики: использование алгоритмов машинного обучения для предсказания потенциальных отказов на основе исторических данных;
- анализа жизненного цикла компонентов: оценка надежности на различных этапах эксплуатации [3].

Для повышения эффективности испытаний предлагается:

- сокращение времени испытаний: путем применения ускоренных методов тестирования и симуляции;
- автоматизация процессов: внедрение автоматизированных стендов и систем сбора данных;
- интеграция с системами управления качеством: обеспечение прослеживаемости и документирования результатов испытаний;
- обучение персонала: повышение квалификации специалистов в области современных методов оценки надежности [4].

Оптимизация процедур оценки надежности БАА на этапе испытаний является необходимым шагом для обеспечения безопасности и эффективности авиационной техники. Применение современных методов и технологий позволяет более точно и оперативно выявлять потенциальные проблемы, снижая риски и затраты на последующем этапе эксплуатации.

Библиографический список

1. Кузнецов, А. В. Основы теории надежности макетных образцов авиационной техники / А. В. Кузнецов, Л. В. Майская, С. А. Демченко. – М. : МГТУ ГА, 2020.
2. Стрельников, В. И. Оценивание и прогнозирование надежности бортового аэрокосмического оборудования / В. И. Стрельников. – Киев : ИММСП, 2013.
3. Сиволап В. А. Приближенные модели оптимизации параметров технического обслуживания авиационных систем с оценкой точности / В. А. Сиволап. – М. : МАИ, 2006.
4. Герасимова, Е. Д. Эксплуатационная надежность и режимы технического обслуживания летательных аппаратов и авиационных двигателей / Е. Д. Герасимова, Н. Н. Смирнов, И. Ф. Полякова. – М. : МГТУ ГА, 2015.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТРИЧНО-ТОПОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА И НОТАЦИИ EdPM ДЛЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Л. А. Мыльников

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: lmynikov@mail.ru)

Нотация EdPM [4] опирается на использование группы элементов. При исследовании эффективности инфраструктуры можно оценить, как реализуется обработка обращений блоками V через вычислительную сложность. В этом случае блок NV не будет оказывать влияния на производительность (NV параметры для блока V , влияющие на получаемые значения). Тогда схему можно представить в упрощенном виде (рис. 1).

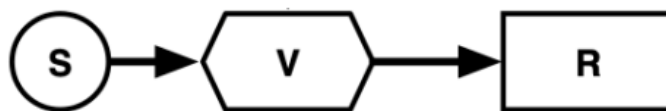


Рис. 1. Упрощенная нотация EdPM:
 S – поток обращений; R – результат; V – блок операций

Такое представление, опираясь на принцип аналогии, позволяет записать зависимости между входами (число проектов на входе), действием (запаздывание) и результатом (число на выходе) по подобию закона Ома $I = V \cdot (S - R)$, где I – интенсивность потока, $(S - R)$ – разница значений между входом и выходом, $V = f(S)$ – описывается вычислительной сложностью [3]. Переходя в матрично-топологическую форму [5], получаем $[I] = [V][A]^T([S] - [R])$, где $[A]$ – матрица инцидентности.

В электротехнике такой подход используется для расчета статических режимов [2]. В нашем случае могут быть оценены для заданных топологий контуров обработки и сложности алгоритмов усредненные за заданный период характеристики величин потока интенсивности обращений и объема выхода, а в случае, если они известны, то получены требования к алгоритмической сложности. Таким образом, можно уйти от накопления большого числа данных в результате имитационного моделирования или накопления реальных данных для получения усредненных значений [1]. Превышение возможностей пропускной способности контура обработки информации будет приводить к неразрешимости полученного уравнения [7].

Однако подход позволяет использовать и моментальные значения числа обращений на входе, получаемых, например, при использовании потока Пуассона для их определения в стохастической постановке. В этом случае $I = S$, и удастся уйти от усредненных значений. Выразив R , получаем рекуррентную формулу $[R]^{(i+1)} = \frac{([V][A]^T - 1) \cdot [S]^{(i)}}{[V][A]^T}$.

Учитывая, что выходы R некоторых блоков V будут являться входами S для других блоков, мы получаем способ актуализации значений выходов всех блоков V при выполнении одной операции в матричной форме, что решает дилемму определения последовательности обхода графа [6] (структурно-функциональной модели) и определения последовательности выполнения операций при имитационном моделировании контура обработки информации.

Библиографический список

1. Fahrmeir, L. Statistik (Der Weg zur Datenanalyse) / L. Fahrmeir, R. Kuenstler, I. Pigeot. – Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2011. – 610 p.
2. Kavalero, B. V. A Software Package for Modeling Power Systems of Arbitrary Configurations / B. V. Kavalero, K. A. Odin // Russian Electrical Engineering. – 2017. – No. 5(88). – P. 310 – 313.

3. Mehlhorn K., Bounded Ordered Dictionaries in $O(\log \log N)$ Time and $O(n)$ Space / K. Mehlhorn, S. Näher // Information Processing Letters. 1990. – No. 4(35). – P. 183 – 189.

4. Mylnikov, L. A. Information Processing and Performance Research in Event-Driven Process Metodology (EPM) Notation / L. A. Mylnikov, A. D. Saltykova // Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. – 2024. – No. 5(58). – P. 333 – 338.

5. Mylnikov L., Kuetz M. Electric Power Supply Subsystem and its Role in Solving Production System Management and Planning Issues / L. Mylnikov, M. Kuetz // International Journal of Energy Economics and Policy. – 2017. – No. 5(7). – P. 191 – 200.

6. Ахо, А. Структуры данных и алгоритмы / А. Ахо, Д. Хопкофт, Д. Ульман. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2001.

7. Мыльников, Л. А. Исследование пропускной способности структурно-функциональных моделей в нотации EdPM / Л. А. Мыльников // Информационные процессы, системы и технологии. – 2025. – Т. 6, № 1(33) – С. 41 – 44.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СИСТЕМ ВХОДНОГО КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОРАДИОКОМПОНЕНТОВ

Д. А. Матвеев, Д. О. Димкович, С. Ю. Потлов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: matveev_daniil_22@mail.ru)

В связи с быстрым развитием производства отечественной электронной продукции и сложностью ее реализации становится все более актуальным вопрос автоматизации процессов выявления некачественных электрорадиоизделий (ЭРИ) при проведении входного контроля в процессе создания радиоэлектронных средств (РЭС).

Важнейшей составляющей процесса автоматизации выступает создание систем распознавания компонентов электронных электрорадиоэлементов (ЭРИ). Такие системы обеспечивают оперативное выявление и категоризацию деталей, монтируемых в радиотехнические устройства трех основных уровней сложности.



Рис. 1. Структурная схема автоматизированной системы распознавания образов электрорадиокомпонентов:

СУ – считывающее устройство; К – классификатор; ЦМ – центральная машина;
И – интерфейс; ОУ – оконечное устройство

Основная цель заключается в проверке совместимости установленных элементов и дальнейшей их сортировке по качеству и пригодности. Структурная схема автоматизированной системы распознавания образов электрорадиоизделий представлена на рис. 1. Для проведения отбора электрорадиоэлементов по внешним признакам воспользуемся формулой показателя качества (1), которая включает в себя несколько параметров, оценивающих состояние и качество элементов:

$$K = w_1 A + w_2 B + w_3 C + w_4 D, \quad (1)$$

где K – общий показатель качества электрорадиоэлемента; A – состояние корпуса (наличие физических повреждений, коррозии и т.д.); B – состояние вывода (осмотр на наличие трещин, окисления и других дефектов); C – маркировка (доступность необходимых обозначений и соответствие стандартам); D – другие видимые дефекты (например, следы пайки, загрязнение и т.д.); w_1, w_2, w_3, w_4 – веса (коэффициенты значимости) для каждого из параметров, которые могут быть заданы в зависимости от специфики отбора.

Для определения – следует ли отбраковывать элемент, устанавливается пороговое значение $K_{\min}$. Если $K < K_{\min}$, элемент отбраковывается. Таким образом, итоговое выражение для отбора может выглядеть так:

$$\text{Если } K < K_{\min}, \text{ то отбраковать.} \quad (2)$$

Применение нейросетевых технологий в системах входного контроля электрорадиокомпонентов представляет собой перспективное направление развития современной промышленности. Использование искусственного интеллекта обеспечивает точное распознавание и автоматическое тестирование качества электрорадиоизделий, существенно сокращая временные затраты и повышая надежность производимых изделий. Таким образом, внедрение подобных решений становится критически важным фактором повышения эффективности производства радиоэлектронной техники, обеспечивая высокое качество продукции и ускоряя темпы выпуска высокотехнологичных устройств.

Библиографический список

1. Курносов, Р. Ю. Автоматизация процессов входного контроля электрорадиоизделий / Р. Ю. Курносов, О. А. Белоусов // Южно-Сибирский научный вестник. – 2025. – № 1(59). – С. 53 – 57.
2. Курносов, Р. Ю. Метрологический анализ измерительной процедуры цифровых средств измерений / Р. Ю. Курносов, Т. И. Чернышова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2023. – Т. 29, № 3. – С. 375 – 382.
3. Курносов, Р. Ю. Оценка погрешности аналого-цифрового преобразования в информационно-измерительных системах / Р. Ю. Курносов // Южно-Сибирский научный вестник. – 2020. – № 6(34). – С. 155 – 162.
4. Курносов, Р. Ю. Оценка погрешности программно-определяемой платформы в структуре информационно-измерительных систем / Р. Ю. Курносов, Т. И. Чернышова // Южно-Сибирский научный вестник. – 2024. – № 3(55). – С. 192 – 197.

НЕЙРОСЕТИ В СОВРЕМЕННЫХ РАДИОПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВАХ

В. О. Нистратов, Д. Е. Удалов, И. С. Степанов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: Darkmen1508@mail.ru; Udalov.de@tstu.ru;

ilyha.stepanov@mail.ru)

Современные требования к радиоприемным устройствам (РПУ), обусловленные развитием беспроводных технологий и необходимостью обработки постоянно растущего объема данных при минимальной задержке и максимальной надежности, вынуждают активно интегрировать в их архитектуру нейросети (НС) и методы машинного обучения [1]. Эта интеграция кардинально меняет не только конструкцию, но и функциональные возможности РПУ, превращая их из пассивных приемников в адаптивные и интеллектуальные системы. В условиях высокой плотности пользователей, повсеместных помех и динамически меняющейся радиочастотной среды, характерных для сетей, таких как 5G и будущих 6G, РПУ требуется не просто принимать сигнал, но и активно адаптироваться к окружающей обстановке. Эта адаптация включает в себя динамическое управление использованием радиочастотного спектра, интеллектуальную обработку принимаемых сигналов и адаптивное управление антенными системами. В результате проектирование РПУ становится все более междисциплинарной задачей, объединяющей традиционную радиочастотную схемотехнику, передовую цифровую обработку сигналов и возможности искусственного интеллекта.

Одно из ключевых направлений влияния нейросетей на РПУ – это интеллектуальная обработка сигналов. Традиционные методы демодуляции и декодирования, разработанные для более предсказуемых условий, могут терять эффективность в присутствии сильных искажений, многолучевого распространения и низкого отношения сигнал/шум. Обученные НС, напротив, обладают способностью распознавать сложные и неочевидные паттерны в зашумленных и искаженных сигналах, обеспечивая тем самым устойчивую и надежную работу РПУ даже в неблагоприятных условиях. Такие архитектуры, как сверточные нейронные сети (CNN) и глубокие нейронные сети (DNN), успешно применяются для эффективного шумоподавления, подавления интерференции и улучшения качества принимаемого сигнала [2].

Таким образом, нейросети оказывают глубокое и многостороннее влияние на конструкции и функциональные возможности современных РПУ. Они обеспечивают необходимую адаптивность, интеллект и эффективность для работы в сложных и динамичных радиочастотных средах. Перспективы дальнейшего развития включают интеграцию более сложных нейросетевых архитектур, способных решать еще более сложные задачи, и разработку специализированных аппаратных ускорителей для эффективного выполнения нейросетевых вычислений непосредственно в РПУ.

Библиографический список

1. Разработка алгоритмического обеспечения с использованием фреймворков глубокого обучения для автономных систем радиовидения / А. О. Смирнов, А. А. Тришаков, О. А. Белоусов, С. А. Свинцов // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы IX Всерос. науч.-техн. конф. с международным участием для студентов, молодых ученых и специалистов. – 2022. – С. 51 – 53.
2. Методы обучения сверточных многослойных нейронных сетей при идентификации объектов комплексом обнаружения малых БАС / А. О. Смирнов, А. А. Тришаков, О. А. Белоусов, М. М. Кирюпин // Новые информационные технологии в научных исследованиях : материалы XXVIII Всерос. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов, Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина, 22 – 24 ноября 2023 года. – Рязань : Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина, 2023. – С. 150 – 152.
3. Алгоритмическое обеспечение диаграммообразующего устройства фазированной антенной решетки на основе нейросетевой архитектуры / М. М. Кирюпин, О. А. Белоусов, В. И. Тетюхин и др. // Ползуновский альманах ; Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова. – Барнаул, 2022. – С. 9 – 12.

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ БОРТОВОГО РАДИОЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА

А. В. Николаев

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С. П. Королева, Самара, Россия
(e-mail: poleniartem@mail.ru)

Важным показателем бортовой радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов является надежность [1]. Для этого используются прогнозные, структурные или физические методы расчета. Для оценки надежности бортовой РЭА широко используются модели [2].

В данной работе была поставлена задача разработки и апробации новой модели оценки надежности бортовых устройств телекоммуникаций и радиоэлектроники.

В качестве базового объекта исследования выбран блок контроля и регулирования температуры систем космического аппарата (КА). Был проведен структурный анализ исследуемого изделия. Для оценки надежности была предложена структурная модель следующего вида (рис. 1). В ней выделены три канала основных модулей второго уровня. Модули реализуют структурные схемы надежности (ССН). Каждая ССН устройства была составлена на основе анализа схем его электрических принципиальных модулей.

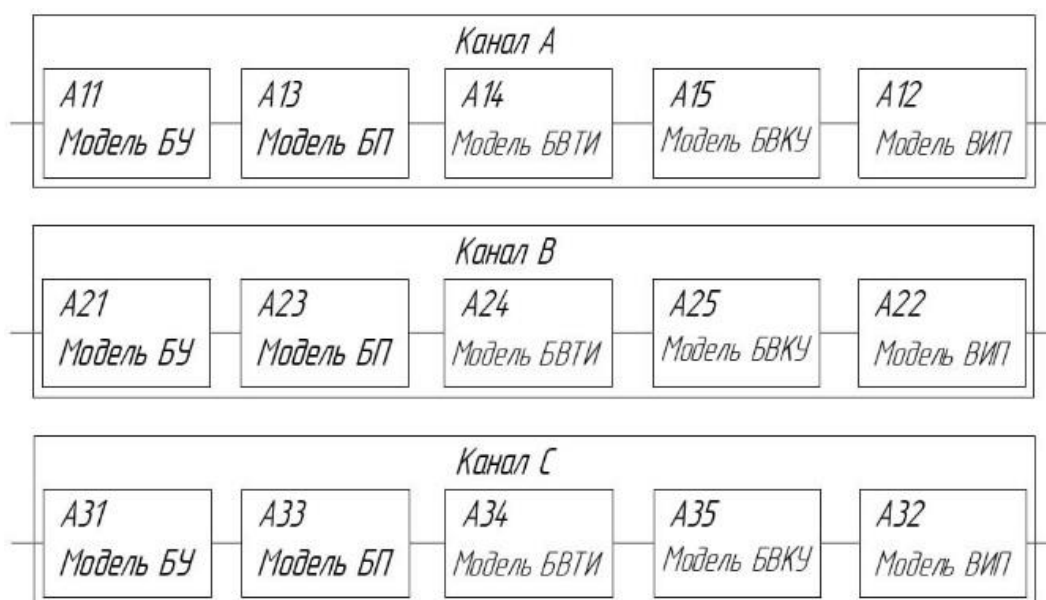


Рис. 1. Структурная модель надежности

Был использован метод разбиения на одинаковые участки по условиям и продолжительности работы на борту с учетом индексов приемки, коэффициентов нагрузочной способности и диагностического контроля. Затем были составлены развернутые ССН каждого канала. На них все модули разбиты на составные части. Каждая составная часть объединяет компоненты, работающие в штатном режиме одинаковое время и находящиеся в одинаковых условиях эксплуатации. Такой подход позволил использовать автоматизированную систему расчета надежности, что сократило расчетное время.

Апробация метода и модели расчета была проведена на примере бортового устройства контроля и регулирования температуры систем КА. Оценка надежности проводилась поэтапно: предварительный расчет с учетом коэффициента организационно-технических мероприятий на конкретном предприятии; промежуточный – по результатам автономных или комплексных испытаний, что позволяет учитывать данные индивидуального прогнозирования; окончательная оценка – по результатам летных испытаний.

Результаты апробации такого подхода модели и метода показали хорошие результаты и целесообразность их использования на всех этапах проектирования бортовых устройств КА.

Библиографический список

1. Ямпурин, Н. П. Основы надежности электронных средств : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Н. П. Ямпурин, А. В. Баранова ; под ред. Н. П. Ямпурина. – М. : Академия, 2010. – 240 с.
2. Основы теории надежности электронных средств : учебное пособие / Н. К. Юрков, А. В. Затылкин, С. Н. Полесский и др. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2013. – 100 с.

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

А. Н. Н. Нури, З. М. Селиванова

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: selivanova_zm@mail.ru)

Оптоволоконная технология повышает скорость передачи данных, значительно снижает помехи, что позволяет применять ее для сетей связи с высокой пропускной способностью. Волоконно-оптическая линия передачи данных (ВОЛП) включает такие компоненты, как светоизлучающие устройства, фотодетектирующие устройства и оптические реле, которые работают вместе для эффективной передачи и приема пакетов данных [1].

Информационная модель волоконно-оптических систем отображает различные аспекты связи, управления и технологических достижений в оптических сетях. Эти системы являются неотъемлемой частью современной телекоммуникационной инфраструктуры, обеспечивают высокую пропускную способность и низкую задержку при передаче данных. Разработка эффективных алгоритмов управления и адаптация теории информации имеют решающее значение для оптимизации этих систем. Информационная модель волоконно-оптической системы представляет собой цифровое отображение физических процессов передачи света через оптическое волокно с учетом всех значимых параметров среды и оборудования. Информационная модель должна включать три основных компонента: характеристика сигнала, свойства передающей среды и алгоритмы обработки информации. Информационная модель волоконно-оптических систем передачи данных включает в себя различные компоненты и методологии, повышающие эффективность и надежность передачи данных. В этих системах используются передовые методы модуляции и кодирования, математическое моделирование и специальные аппаратные конфигурации для оптимизации производительности.

Информационная модель необходима для реализации процессов проектирования, мониторинга и эксплуатации магистральных волоконно-оптических линий передачи, при разработке информационно-телекоммуникационных систем.

Моделирование предметной области основано на применении методологии IDEF1X для графического представления информационной модели, отражающей структуру и семантику информации телекоммуникационной системы [2, 3].

В состав информационной модели на основе методологии IDEF1X входят компоненты, содержащие следующую информацию:

1. Мониторинг ВОЛП, включающий: модуль установки начальных значений параметров элементов телекоммуникационной системы; модуль разработки сети обслуживания; модуль формирования цифровой карты территории,

где будет установлена волоконно-оптическая линия передачи; модуль мониторинга параметров волоконно-оптической линии передачи для установления отклонений от нормативных данных ВОЛП или деградации оптоволокна и принятия решений по устранению неисправностей.

2. Поток данных в рассматриваемой предметной области в соответствии с разрабатываемой телекоммуникационной системой.

На основе информационной модели создается логическая модель данных в нотации IDEF1X.

Создание информационной модели телекоммуникационной системы имеет важное значение для оптимизации волоконно-оптической передачи данных с учетом потенциальных ограничений, таких как деградация сигнала на больших расстояниях и необходимость периодической регенерации для поддержания целостности сигнала.

Библиографический список

1. Wen-Ping Yu. 2012. Data Transmission System Using Optical Fiber. Retrieved from [https // patents.google.com/patent/US20120114339A1/en](https://patents.google.com/patent/US20120114339A1/en).

2. Селиванова, З. М. Информационные технологии повышения точности интеллектуальной информационно-измерительной системы / З. М. Селиванова, К. В. Скоморохов // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. 24–25 октября 2023 г. – Тамбов, 2023. – С. 121 – 123.

3. Чернышов, Н. Г. Построение системы телеметрии энергоемкими объектами с использованием промышленных контроллеров ICP DAS / Н. Г. Чернышов, Р. В. Цыганков, К. В. Чикаев // Вопросы современной науки и практики. – 2015. – № 1. – С. 225 – 230.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ SCADA-СИСТЕМ НА ХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

П. А. Бородин, Г. Е. Курбатов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: pavel_borodin_01@mail.ru; german_kurbatov@mail.ru)

Системы SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) играют ключевую роль в мониторинге и управлении процессами на химических предприятиях. В данной статье будет рассмотрен ряд особенностей, обусловленных спецификой химической промышленности:

1. Безопасность

Контроль за опасными процессами – химические процессы могут быть опасными, поэтому системы SCADA должны включать механизмы для мониторинга и предотвращения аварийных ситуаций.

Системы аварийной сигнализации – наличие предупреждений и автоматических остановок на случай обнаружения аномалий (например, утечек).

2. Мониторинг в реальном времени

Сбор и анализ данных – SCADA-системы обеспечивают постоянный поток данных о состоянии оборудования и процессов, что позволяет своевременно реагировать на изменения.

Отслеживание параметров процесса – температура, давление, уровень жидкости, состав реагентов и прочие критически важные параметры.

3. Интеграция с другими системами

Совместная работа с MES и ERP – SCADA-системы должны быть интегрированы с системами управления производственными процессами (MES) и планирования ресурсов предприятия (ERP) для обеспечения целостного подхода к управлению.

Подключение к IoT-устройствам – внедрение интернет-технологий позволяет интегрировать множество сенсоров и оборудования в единую сеть.

4. Обработка больших объемов данных

Управление данными – большое количество сенсоров и оборудования генерирует объемы данных, которые требуют современных методов хранения и обработки, что может включать машинное обучение для анализа и предсказания.

5. Необходимость в постоянном обслуживании и обновлении

Регулярное техническое обслуживание – химические процессы требуют периодического обслуживания оборудования, что должно быть учтено в планах SCADA-систем.

6. Сложность процессов

Многокомпонентные реакции – химические процессы могут включать сложные реакции, что требует от SCADA способности управлять множеством переменных одновременно.

Параллельные процессы – часто на химическом предприятии функционируют сразу несколько процессов, что создает дополнительные сложности в управлении.

7. Управление качеством

Контроль качества продукции – SCADA-системы могут использоваться для мониторинга параметров, влияющих на качество конечного продукта, и для включения методов управления качеством.

Применение SCADA-систем на химических предприятиях позволяет обеспечить высокую эффективность и безопасность производственных процессов, что в свою очередь способствует повышению общей продуктивности и снижению рисков [1 – 4].

Библиографический список

1. Селиванова, З. М. Повышение точности информационно-измерительных систем неразрушающего контроля теплофизических свойств твердых материалов / З. М. Селиванова, Т. А. Хоан // Измерительная техника. – 2015. – № 9. – С. 45 – 48.

2. Селиванова, З. М. Оценка надежности информационно-измерительной системы теплофизических свойств материалов при воздействии дестабилизирующих факторов / З. М. Селиванова, Т. А. Хоан // Надежность и качество сложных систем. – 2017. – № 4. – С. 13 – 19.

3. Approximation of Distribution Law of experimental Test Data to Assess Reliability of information-Measuring and Control Systems / Yu. T. Zyryanov, I. G. Ryazanov, A. Yu. Naumova, et al. // Journal of Physics: Conference Series. XIII International Scientific and Technical Conference «Applied Mechanics and Systems Dynamics». – 2020. – P. 012081.

4. Application of Generalized Distribution Laws for the Reliability Assessment of Information and Measuring Systems of Energy Saving Control / Y. T. Zyryanov, N. G. Chernyshov, I. G. Ryazanov, et al. // In Journal of Physics Conference Series. – 2019. – V. 1172, No. 1.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ АНТЕННЫХ СИСТЕМ В ПОЕЗДНОЙ РАДИОСВЯЗИ

Т. У. Умиров

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: timuru423@gmail.com)

В настоящее время большинство пассажирского железнодорожного транспорта используют широкополосный доступ к Интернету для предоставления соответствующего контента конечному пользователю. Но в связи с этим зона покрытия существующих базовых станций, работающих в стандарте LTE, LTE-advanced [2], не обеспечивает полностью покрытие маршрута следования транспорта, что приводит к перебоям передачи информации.

Для решения такой задачи необходимо применять высокоэффективные антенны на основе антенных решеток, которые позволяют осуществлять пространственное управление диаграммой направленности [3], т.е. изменять положение ДН антенной решетки в направлении максимума излучения к базовой станции, тем самым позволив обеспечить непрерывный широкополосный доступ поездной радиосвязи при пассажирских перевозках. Антенные решетки выделяют следующих типов [1]:

Линейные ФАР. Элементы антенной решетки расположены в прямолинейной конфигурации. Управление диаграммой направленности осуществляется в одной плоскости – горизонтальной или вертикальной. Сектор обзора таких решеток ограничен $60...120^\circ$, что делает их пригодными для статичных задач. Основное применение: базовые станции связи, радары с узконаправленным излучением.

Плоские (планарные) ФАР. Элементы образуют двумерный массив, что позволяет управлять лучом в двух плоскостях (азимут и угол места). Это обеспечивает высокую точность наведения и поддержку ММО-технологий [2]. Применяются в спутниковой связи, военных радары и системах, требующих одновременной работы с несколькими каналами данных.

Кольцевые ФАР. Элементы расположены по окружности, обеспечивая полное круговое покрытие (360°). Динамическое переключение луча между элементами [3] позволяет сохранять связь с базовыми станциями даже при скоростях до 350 км/ч. Преимущества: поддержка агрегации частот, MU-MIMO [2], устойчивость к замираниям сигнала. Основное применение – железнодорожный транспорт, дроны и мобильные системы связи, где критична непрерывность соединения.

Конформные ФАР. Решетки адаптированы под геометрию поверхности объекта (например, корпус самолета или автомобиля). Это минимизирует аэродинамическое сопротивление и сохраняет функциональность в условиях ограниченного пространства. Применяются в авиации, автомобилестроении и носимых устройствах [1].

Таким образом, применение адаптивных фазированных антенных решеток в терминалах связи стандарта LTE, LTE-advanced [2] позволит реализовать в полном объеме весь потенциал технологии LTE-advanced, в частности, используя потенциал агрегации частот с возможностями расширения полосы пропускания канала связи, а также реализации технологии MU-MIMO [2], что позволит увеличить скорость передаваемой информации и обеспечить высокоскоростной широкополосный доступ конечному пользователю на всем маршруте следования пассажирского железнодорожного транспорта.

Библиографический список

1. Воскресенский, Д. И. Активные фазированные антенные решетки / Д. И. Воскресенский, А. П. Канащенков. – М. : Радиотехника, 2004.
2. Тихвинский, В. О. Сети мобильной связи LTE: технологии и архитектура / В. О. Тихвинский, С. В. Терентьев, А. В. Юрчук. – М. : Эко-Трендз, 2010.
3. Кирюпин М. М., Алгоритм управления диаграммообразующим устройством цифровой антенной решетки для систем постановки пространственных барьеров / М. М. Кирюпин, О. А. Белоусов, А. А. Тришаков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2023. – С. 390 – 405.

ОЦЕНКА МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ИСПРАВНОСТИ АНАЛОГО-ЦИФРОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Р. Ю. Курносов, П. И. Карелин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: romankurnosov@yandex.ru)

В настоящее время информационно-измерительные системы (ИИС) находят широкое применение в практике измерительных экспериментов во всех отраслях современного промышленного производства и научных исследованиях. Разработка метрологического обеспечения средств измерений на стадии их проектирования является определяющим фактором в достижении требуемой

точности и достоверности проводимых измерительных экспериментов с использованием таких ИИС [1 – 2]. Особую значимость в структуре метрологического обеспечения имеет показатель метрологической исправности, определяющий состояние ИИС, при котором метрологические характеристики (МХ) соответствуют установленным требованиям, а также показателям метрологической надежности (МН), оцениваемым способностью ИИС сохранять установленные пределами допуска $[-S_{\text{доп}}, +S_{\text{доп}}]$ значения метрологической характеристики S при определенных режимах и условиях использования. Значительную роль в структуре измерительного канала информационно-измерительных систем играет блок аналого-цифрового преобразования (АЦП). К числу ключевых требований, предъявляемых к данному блоку, относятся высокая точность преобразований, сложность реализуемых алгоритмов обработки сигналов, функциональная значимость выполняемых операций, а также широта функциональных возможностей.

Полученные в работе [1] математические модели изменения во времени МХ каждого из модулей, входящие в структуру АЦП, позволяют рассчитать вероятность сохранения метрологической исправности модулей и АЦП в целом. Используемый показатель вероятности сохранения метрологической исправности $P_{\text{исп}}(t)$ на момент времени t_i , $i = 1, \dots, n$, определяется выражением

$$P_{\text{исп}}(t) = P\{-S_{\text{доп}} \leq S(t_i) \leq S_{\text{доп}}\} = \frac{1}{2\pi\sigma_S(t_i)} \int_{-S_{\text{доп}}}^{S_{\text{доп}}} \exp\left(-\frac{[S - m_S(t_i)]^2}{2\sigma_S^2(t_i)}\right) dS, \quad (1)$$

где $m_S(t_i)$, $\sigma_S(t_i)$ – математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение исследуемой МХ в момент времени метрологической поверки t_i , $i = 1, 2, 3, \dots, n$.

Графическое представление $P_{\text{исп}}(t)$ отражено на рис. 1, где искомый показатель определяется как площадь под кривой плотности распределения вероятности МХ $p(s)$, ограниченной интервалами допуска $[-S_{\text{доп}}, +S_{\text{доп}}]$.

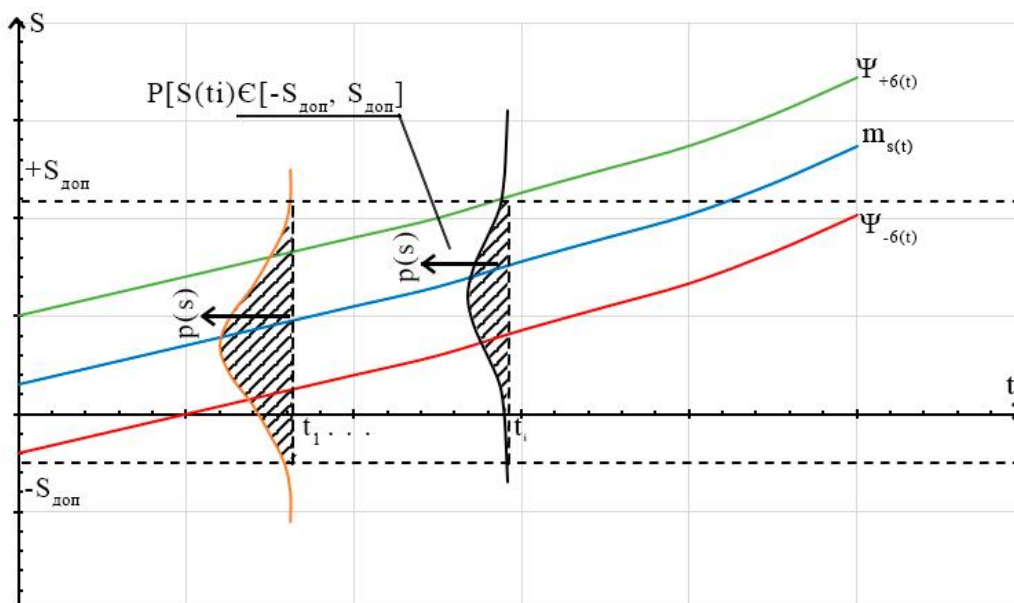


Рис. 1. Изменение во времени метрологической характеристики

Таким образом, применение разработанных математических моделей позволит оценить динамику изменений метрологических характеристик блоков АЦП и вычислить вероятность сохранения их метрологической исправности в течение заданного периода эксплуатации. Полученный теоретический аппарат позволяет повысить качество и достоверность измерительных процессов, используемых в промышленных и исследовательских целях.

Библиографический список

1. Чернышова, Т. И. Применение методов математического моделирования при оценке метрологической надежности блока аналого-цифрового преобразователя / Т. И. Чернышова, Р. Ю. Курносков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2017. – Т. 23, № 4. – С. 589 – 594.

2. Курносков, Р. Ю. Метрологический анализ измерительной процедуры цифровых средств измерений / Р. Ю. Курносков, Т. И. Чернышова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2023. – Т. 29, № 3. – С. 375 – 382.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ И АНАЛИЗА ПРОДУКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПЕРСОНАЛА КОМПАНИИ

М. А. Полозов, Л. А. Коробова

Воронежский государственный университет инженерных технологий,
Воронеж, Россия
(e-mail: mm500.miner@gmail.com; lyudmila_korobova@mail.ru)

В современных российских компаниях все большее значение приобретают системы поддержки принятия решений в сфере управления человеческими ресурсами. Для эффективного ведения бизнеса организации стремятся отслеживать производительность труда сотрудников, оценивать их вклад в проекты и принимать обоснованные управленческие решения. В условиях, когда требуется оперативно решать вопросы, связанные с продуктивностью или уровнем удовлетворенности персонала, автоматизированные информационные системы становятся неотъемлемым инструментом для оптимизации этих процессов. Актуальность разработки подобной системы определяется необходимостью повышения точности и скорости управления кадровыми ресурсами.

Цель работы – проектирование автоматизированной системы для фиксирования фактически отработанных часов и оценки продуктивности деятельности IT-специалистов компании.

В работе были поставлены следующие задачи:

- 1) исследование и анализ области применения системы;
- 2) формулировка технических требований к системе;
- 3) разработка объектно ориентированных моделей;
- 4) проектирование и реализация интерфейса пользователя.

Система предназначена для контроля фактически отработанного времени и оценки эффективности деятельности IT-специалистов компании.

Ключевым модулем системы является Commit Harvester – сборщик коммитов, обеспечивающий интеграцию с базами данных и платформой Gitlab. Он выполняет роль собирателя информации: данные с Gitlab импортируются в систему ежечасно, систематизируются и сохраняются в SQL-базе. Основная логика обработки данных реализована через хранимые процедуры в базе, а сам модуль отвечает за настройку системы и формирование отчетов по расписанию.

Значимой частью системы является микросервис Presenter, который отвечает за визуализацию данных [1]. Он преобразует отчеты в графический формат, сохраняет их в облачное хранилище S3 и передает ссылки на готовые документы через бот.

Бот как важный элемент системы выступает связующим звеном между системой и пользователями. Он функционирует как отдельный микросервис и использует библиотеку Discord.Net. В процессе его создания были реализованы нестандартные технологические решения [2]. Так, для решения проблемы несовместимости библиотеки Discord.Net с механизмом DependencyInjection был создан специализированный контейнер, интегрированный с шиной сообщений.

Спроектированная система автоматизирует процессы учета рабочего времени и анализа производительности, что позволяет сократить время на принятие управленческих решений, свести к минимуму ошибки и улучшить коммуникацию между сотрудниками и руководством. Ее внедрение способствует повышению общей эффективности управления IT-персоналом в российских компаниях.

Библиографический список

1. Баланов, А. Н. Построение микросервисной архитектуры и разработка высоконагруженных приложений : учебное пособие для вузов. – СПб. : Лань, 2024. – 244 с. – URL : <https://e.lanbook.com/book/394538> (дата обращения: 20.04.2025).
2. Иванова, Г. С. Технология программирования / Г. С. Иванова. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 336 с.

ПРЕИМУЩЕСТВА УСИЛИТЕЛЕЙ КЛАССА D

Д. Р. Хабибуллин, Д. С. Решетников, М. А. Кулапин

Пензенский государственный университет, Пенза, Россия
(e-mail: gjgfhghgfd@gmail.com; reshden2002@yandex.ru;
qulapinmisha@gmail.com)

Усилитель класса D является усилителем, в котором используется преобразование сигнала в ШИМ-сигнал и после усиления обратное преобразование. Чаще всего усилители класса D используются в системах трансляции и оповещения, в которых не требуется большого качества воспроизведения звука. На рис. 1 представлена структурная схема усилителя класса D.

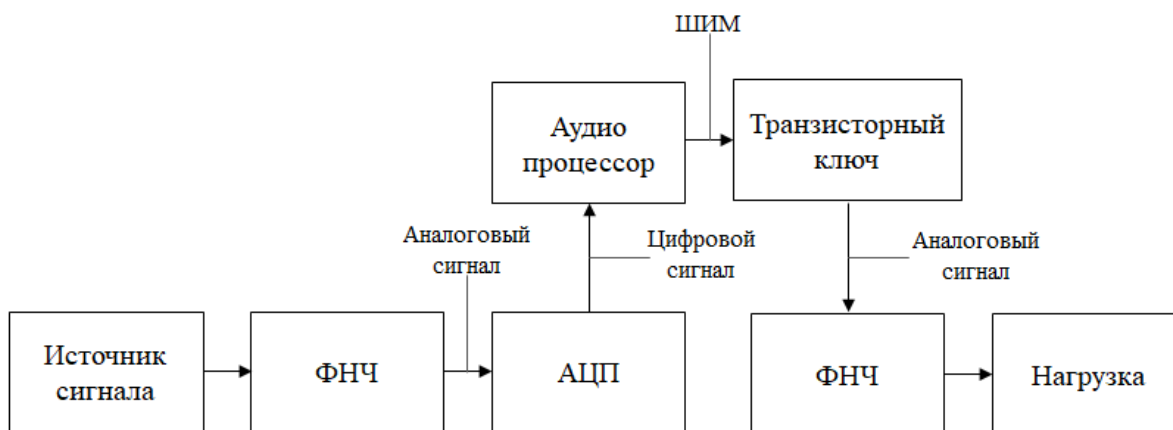


Рис. 1. Структурная схема усилителя класса D

Основной задачей усилителей звуковой частоты класса D является передача входного сигнала к устройству воспроизведения звука с требуемой громкостью и уровнем помех. Звуковые частоты находятся в диапазоне от 20 Гц до 20 кГц, поэтому усилитель звуковой частоты должен иметь равномерную АЧХ во всем диапазоне или в более узкой области, если проектируется усилитель для динамика с ограниченной полосой воспроизведения, например, для среднечастотного или высокочастотного динамика в многополосной системе воспроизведения. В зависимости от назначения устройства мощность усилителей имеет различное значение [1].

В обычных аналоговых звуковых усилителях транзисторы в линейном режиме применяются для генерации выходного напряжения, которое точно масштабирует входное. Коэффициент передачи по напряжению обычно составляет около 40 дБ. Если усиление в прямом направлении входит в цепь с обратной связью (ОС), то и коэффициент усиления всей цепи с ОС будет иметь высокое значение. ОС в усилителях звуковой частоты применяется часто, так как большой коэффициент передачи в сочетании с ОС улучшает качество усилителя: подавляет искажения, вызванные нелинейностями в прямой цепи, а также уменьшает шумы от источника питания за счет того, что снижается коэффициент влияния источника питания [2].

Транзисторы в усилителях класса D работают в ключевом режиме. Транзисторы или полностью открыты, или полностью закрыты. Для работы в ключевом режиме нет необходимости подбирать транзисторы с большим линейным участком ВАХ, а также стараться установить и стабилизировать рабочую точку на этом участке характеристики. КПД работы усилителей в данном режиме приблизится к 100%. В других режимах высокое значение КПД принципиально недостижимо [3].

После усиления импульсного сигнала он обратно преобразуется в аналоговую форму. Как правило, делается это с помощью обычного LC-фильтра. Проходя через LC-фильтр импульсный ШИМ-сигнал преобразуется обратно в аналоговый [4].

Таким образом, главное достоинство усилителей класса D – это высокий КПД. С другой стороны, у данных усилителей имеется существенный недостаток – это ограничение сверху частотного диапазона усилителя. Именно по этой

причине использование данного схемотехнического решения долгое время использовалось исключительно в басовых блоках. С развитием элементной базы данное ограничение уже не представляется принципиальным.

Библиографический список

1. Аудиоусилители класса D / А. А. Лифанов, И. И. Кочегаров, Н. В. Горячев и др. // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». – 2023. – С. 268 – 276.
2. Пат. РФ 2794346. Усилитель класса D / Александров В. А., Маркова Л. В. ; заявл. 31.10.2022 ; опубл. 17.04.2023.
3. Филонов, С. А. Современные усилители мощности автозвука / С. А. Филонов, Е. Ю. Григорьев // Тенденции развития технических средств и технологий в АПК. – 2024. – С. 439 – 445.
4. Гаалас Э., Звуковые усилители класса D: что, зачем и как? / Э. Гаалас, А. Казакевич // Компоненты и Технологии. – 2006. – № 64. – С. 52 – 58.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАПОВЕРХНОСТЕЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПЛОСКИХ МНОГОЧАСТОТНЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК

А. В. Хлебодаров, К. В. Сметанин, В. В. Чепрасов, К. С. Четырина

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: KhlebodarovAV@yandex.ru)

В настоящее время все более широкое распространение получают новые технологии с применением метаповерхностных структур. Метаповерхность является плоскостью, представляющей собой массив из совокупности электрических проводников и диэлектрических частиц, которые по-разному преобразуют электромагнитные волны.

Основной особенностью многочастотных антенных решеток из метаматериала, отличающих их от всех других антенных решеток, является особая структура принимающего или приемно-передающего устройства, в основе которого лежит управляемая метаповерхность. Такие антенны имеют высокую степень излучения, они могут излучать до 95% входного сигнала в зависимости от конфигурации [1].

Также отличительной характеристикой антенны на основе метаповерхности является малый размер рабочей плоскости. Для обеспечения эффективной работы метаповерхностной антенной решетки необходим размер всего в 1 к 50 длины волны сигнала [2].

Метаповерхности активно используются для создания разрезных кольцевых резонаторов в качестве строительных блоков метаповерхностных антенн, электромагнитный отклик и гибкость которых являются наиболее практичными в исследовательской среде. Микроволновая линза представляет собой сферическую линзу, выполненную из метаматериала, имеющего неоднородную плотность (рис. 1).

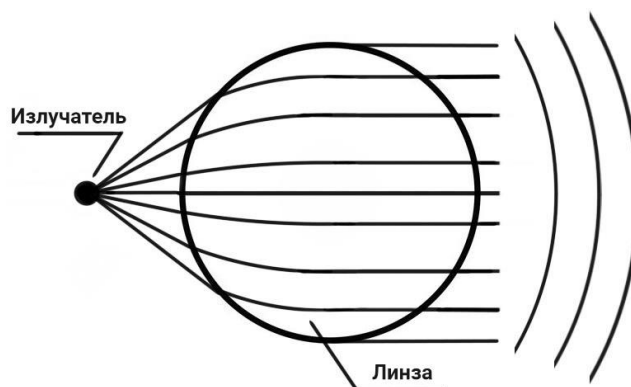


Рис. 1. Схема работы микроволновой линзы

Микроволновые линзы способны фокусировать излучение точечного источника на периферию и используются в качестве ответвителя от излучателя, позволяющего фокусировать отраженный сигнал вдоль микроволновой линии передачи сигнала, или от микрополосковой линии на приемопередатчик [3].

Таким образом, применение управляемых метаповерхностей является оптимальным вариантом для решения задач увеличения эффективности работы и КПД приемо-передаточных свойств с одновременным уменьшением габаритов при проектировании новых или модернизировании уже существующих типов плоских многочастотных антенных решеток систем связи.

Библиографический список

1. Метаматериалы в антенной технике: история и основные принципы [Электронный ресурс]. – 2009. – URL : <https://www.electronics.ru/journal/article/287> (дата обращения: 5.11.2024).
2. Лемберг, К. В. Методика синтеза одномерно сканирующих антенн на основе модулированных метаповерхностей / К. В. Лемберг // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: техника и технологии – 2014. – № 6. – С. 750 – 758.
3. Белоусов, О. А. Синтез излучателя для сетей беспроводного широкополосного доступа на основе замедляющих электродинамических структур / О. А. Белоусов // Вестник ИЖГТУ имени М. Т. Калашникова – 2021. – № 3. – С. 36 – 45.

ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

В. О. Нистратов, И. С. Степанов, Д. Е. Удалов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: Darkmen1508@mail.ru; ilyha.stepanov@mail.ru; Udalov.de@tstu.ru)

Развитие беспилотных воздушных судов (БВС) требует совершенствования систем навигации и позиционирования. Традиционные методы GPS-навигации оказываются недостаточно эффективными в условиях ограниченной

видимости, зашумленной радиосреды или преднамеренного подавления сигнала. В связи с этим актуальной становится разработка радионавигационных систем для БВС, использующих технологии искусственного интеллекта (ИИ) для повышения точности, надежности и помехоустойчивости.

ИИ предлагает решения для преодоления ограничений традиционных систем. Он способен обрабатывать большие объемы данных, выявлять закономерности и предсказывать ошибки, что позволяет значительно повысить точность и надежность навигационных решений [1]. Однако применение ИИ в навигационных системах сопряжено с рядом проблем.

Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) успешно используются в течение последних трех десятилетий, обеспечивая точное определение местоположения и скорости. Однако их эффективность снижается в условиях, где сигнал может быть потерян или искажен, например в туннелях или вблизи высоких зданий [2]. Инерциальные навигационные системы (ИНС), в свою очередь, обеспечивают автономное отслеживание движения, но страдают от накопления ошибок, особенно в недорогих системах на основе микроэлектромеханических систем (МЭМС) [1].

Одной из основных проблем является сложность выбора подходящей архитектуры нейронных сетей и алгоритмов обучения [6]. Например, многослойные перцептроны (MLPNN) и радиально-базисные функции (РБФНС) требуют значительных вычислительных ресурсов и времени на обучение, что затрудняет их применение в режиме реального времени [3]. Кроме того, эффективность ИИ сильно зависит от качества обучающих данных, что может стать ограничивающим фактором.

Использование ИИ в навигационных системах открывает новые возможности для повышения точности и надежности, однако сопряжено с рядом технических проблем, таких как сложность интеграции, необходимость в значительных вычислительных ресурсах и ограниченная универсальность.

Библиографический список

1. Применение методов искусственного интеллекта для управления полетом беспилотных летательных аппаратов / Б. Р. Андриевский, А. М. Попов, В. А. Михайлов, Ф. А. Попов // *Аэрокосмическая техника и технологии*. – 2023. – Т. 1, № 2. – С. 72 – 107.
2. Радионавигационные системы : учебное пособие / А. В. Баженов, Г. И. Захаренко, А. Н. Бережнов, К. Ю. Савченко ; под ред. А. В. Баженова – Ставрополь : СВВАИУ(ВИ), 2007. – 202 с.
3. Symon, H. *Neural networks: a comprehensive foundation*, Prentice-Hall, 1999.
4. Noureldin, A. *Optimizing Neuro-Fuzzy Modules for Data Fusion of Vehicular Navigation Systems Using Temporal Cross-Validation* / A. Noureldin, A. El-Shafie, M. R. Taha // *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. – 2007. – No. 20(1). – P. 49 – 61.

5. A Hybrid Fusion Algorithm for GNSS/INS Integration During GNSS Outages / Y. Yao, X. Xu, C. Zhu, C.Y. Chan // Measurement. – 2017. – No. 103. – P. 42 – 51.

6. Методы обучения сверточных многослойных нейронных сетей при идентификации объектов комплексом обнаружения малых БАС / А. О. Смирнов, А. А. Тришаков, О. А. Белоусов, М. М. Кирюпин // Новые информационные технологии в научных исследованиях : материалы XXVIII Всерос. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов, Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина, 22 – 24 ноября 2023 года. – Рязань : Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина, 2023. – С. 150 – 152.

АКТУАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

И. Л. Пуговкин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: gta.vice.city.1.0.7@gmail.com)

Радиоэлектронные средства различного функционального назначения являются неотъемлемой частью производства, систем связи, военной техники, науки, техники и повседневной жизни. В современных реалиях увеличивается объем и точность информации, которые поступают от таких устройств, также постоянно растет количество радиоэлектронных устройств, что диктует необходимость объединить их в единое информационное пространство. Для достижения данной цели активно и успешно используются сложные информационные системы.

Наиболее актуальным направлением использования информационных систем, объединяющих средства радиоэлектроники, по мнению исследователей, являются информационно-управляющие системы удаленного мониторинга и контроля.

Области использования таких систем очень разнообразны: использование системы удаленного мониторинга показателей здоровья пациентов в медицинских учреждениях, системы удаленного мониторинга энергетических объектов и водогрейных котельных, эксплуатация радиоэлектронных средств в сложных информационных системах удаленного мониторинга бурения для нефтегазодобывающих компаний, системы удаленного мониторинга строительной и добывающей техники, системы удаленного мониторинга лесных пожаров. Кроме того, актуальными направлениями использования радиоэлектронных средств в информационных системах является также и информационное взаимодействие, т.е. сбор и обработка информации в распределенных радиосистемах

(ГЛОНАСС, сотовая связь, системы радиолокационного мониторинга, прием-передача и обработка информации со спутников и др.), зондирование льдов, систем экологического мониторинга, радиоастрономия, обработка радио- и телевизионных изображений.

Внедрение информационных систем, объединяющих средства радиоэлектроники, обеспечивает не только получение достоверной и качественной информации, имеющей целью оперативный контроль и управление технологическим процессом, но и позволяет провести последующую обработку и накопление получаемой информации, основными свойствами которой являются достоверность, оперативность и регламентированность.

Расширяя содержание понятия «сложные информационные системы», объединяющие средства радиоэлектроники, к системам такого типа целесообразно отнести телекоммуникационные среды, которые сконструированы и построены на базе современных информационных сетей. Например, к подобным системам телекоммуникационной среды гражданского назначения относятся домовый шлюз (Home Gateway), являющийся программно-аппаратным комплексом, предназначенным для управления Умным Домом, в задачи которого входит интеграция традиционной телефонии и управление домами, выписки счетов, мониторинга ресурсов и т.п.

В современных геополитических реалиях активно развивается направление построения и модернизации сложных телекоммуникационных систем на базе радиоэлектронных средств для военных целей и нужд оперативных служб. Например, крупными отечественными разработками в этой области являются построение Системы 112, МЧС и МО. В 2024 году Система-112, т.е. система вызова оперативных служб по единому номеру «112», внедрена в 62 регионах Российской Федерации и в новых республиках, и на новых территориях.

Считаем важным отметить отдельно перспективность использования сложных информационных систем, объединяющих радиоэлектронные средства, для целей вооруженных сил РФ. Например, перспективность разработок и использования информационно-управляющих систем в военных целях была апробирована в нашей стране, в частности в Единой системе управления войсками и оружием в тактическом звене Вооруженных Сил Российской Федерации и других воинских формирований.

Библиографический список

1. Гребенюк, В. М. Перспективы использования сложных информационных систем, объединяющих средства радиоэлектроники / В. М. Гребенюк // International Journal of Open Information Technologies. – 2014. – № 10. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-ispolzovaniya-slozhnyh-informatsionnyh-sistem-obedinyayuschih-sredstva-radioelektroniki> (дата обращения: 28.04.2025).

СТРУКТУРА БАЗЫ ДАННЫХ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ

П. А. Палатов, А. Н. Грибков, Н. Г. Буранова

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: palatov.pavel01@gmail.com)

Системы энергосберегающего управления (СЭУ) находят широкое применение в различных отраслях промышленности и позволяют существенно снизить затраты энергетических ресурсов, обеспечивая при этом необходимые показатели качества выпускаемой продукции. Поэтому вопросы, связанные с разработкой таких систем, являются весьма актуальными.

В большинстве случаев разработка алгоритмического обеспечения для СЭУ, обеспечивающих решение задач энергосберегающего управления сложными теплотехнологическими объектами, представляет собой трудоемкое и «наукоемкое» исследование, поскольку в состав алгоритмического обеспечения системы могут включаться достаточно сложные алгоритмы.

Для снижения затрат времени на разработку алгоритмического обеспечения СЭУ был разработан программный модуль имитационного моделирования СЭУ в целях исследования влияния случайных возмущений на результат решения задачи оптимального управления (ЗОУ) теплотехнологическим объектом [1].

В целях повышения эффективности разработанного программного модуля предлагается расширить его функциональные возможности за счет применения реляционной базы данных (БД), которая позволит сохранять исходные данные и результаты функционирования модуля. Для решения данной задачи была разработана структура базы данных, схема которой показана на рис. 1.

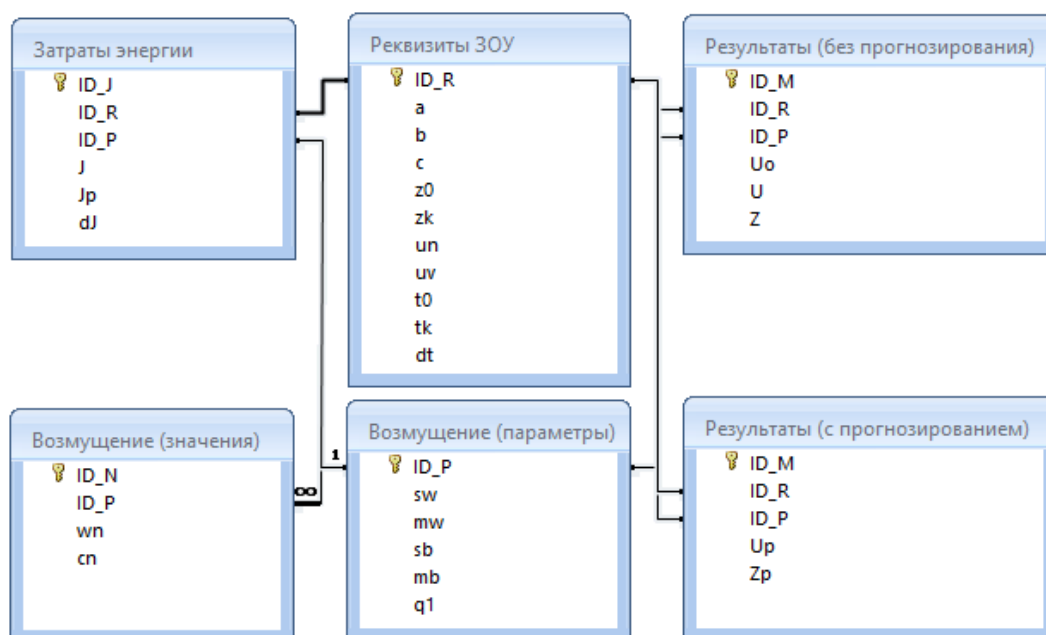


Рис. 1. Схема данных

БД включает шесть взаимосвязанных сущностей.

Сущность «Реквизиты ЗОУ» предназначена для хранения значений компонентов массивов исходных данных, необходимых для решения ЗОУ. Сущность «Возмущения (параметры)» используется для хранения значений параметров возмущения (шума, действующего в канале управления). Сущность «Возмущение (значения)» применяется для хранения непосредственных значений возмущений.

Сущности «Результаты с прогнозированием») и «Результаты (без прогнозирования)» предназначены для хранения результатов имитационного моделирования (значений управляющих воздействий и фазовых координат) с применением алгоритма прогноза и компенсации возмущения [2] и без него.

Сущность «Затраты энергии» используется для хранения значений функционалов затрат энергии и эффекта энергосбережения.

Разработанная БД позволила значительно повысить функциональные возможности программного модуля.

Библиографический список

1. Палатов, П. А. Программный модуль имитационного моделирования системы энергосберегающего управления теплотехнологическим объектом при наличии случайных возмущений [Электронный ресурс] / П. А. Палатов // Цифровая трансформация в энергетике : сб. тр. VI Междунар. науч.-практ. конф. для студентов, молодых ученых и специалистов. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2025. – Вып. VI. – С. 80–81.

2. Артемова, С. В. Прогнозирование и компенсация возмущения в системах оптимального управления / С. В. Артемова, Д. Ю. Муромцев, А. Н. Грибков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2003. – Т. 9, № 4. – С. 632 – 637.

МИКРОВОЛНОВАЯ СИСТЕМА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТФХ-ОБЪЕКТОВ С КОМПЕНСАЦИЕЙ ВЛИЯНИЯ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ

Д. Ю. Остроухов, В. Н. Чернышов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: denistambov359@gmail.com; chvn-51@mail.ru)

Исследования показали, что использование электромагнитного СВЧ-излучения имеет ряд очевидных преимуществ, основными из которых являются оперативность, возможность реализации бесконтактного неразрушающего контроля, приемлемая для технологических измерений точность и относительная безопасность микроволновых полей [1, 2].

Разработана система, представленная на рис. 1. Над исследуемым материалом 1 на линии движения А помещают точечный источник тепловой энергии 2 и термоприемник 3, сфокусированные на поверхность, подвержен-

ную тепловому воздействию, при этом с помощью линзы из радиопрозрачного материала 4 излучение фокусируют в точку теплового воздействия 5. Информацию о значении температуры в точках контроля снимают бесконтактным электронным измерительным прибором 3, сфокусированным в точки на поверхности исследуемого объекта на расстояниях x_1 и R_x от точки нагрева соответственно. Значения температур с бесконтактного электронного измерительного прибора 3 поступают на нормирующий прецизионный усилитель 6 через АЦП, с которого поступают на микропроцессор 7. Микропроцессор 7 выводит данные эксперимента на индикатор (монитор) 8 и соединен с СВЧ-генератором 2 через электронный блок питания СВЧ источника 9.

К микропроцессорному контроллеру 7 через его порты (адаптеры ввода-вывода) 10 подключен датчик положения 12 термоприемника 3 относительно точечного источника тепла 2. Электронный блок управления реверсивным двигателем 12 подключен к цепи питания реверсивным двигателем 13, выход которого в свою очередь соединен с механизмом перемещения 14 термоприемника 3 относительно теплового источника 2 по оси x . Перемещение всего информационного зонда ИИС, включающей точечный источник тепла 2 и термоприемник 3, над поверхностью исследуемых материалов с заданной скоростью v осуществляется двигателем постоянного тока 15 через механизм перемещения 16, который кинематически связан с измерительным зондом. Управление работой двигателя 15 осуществляется микропроцессорным контроллером 7 через электронный блок питания 17 и блок управления двигателем 18.

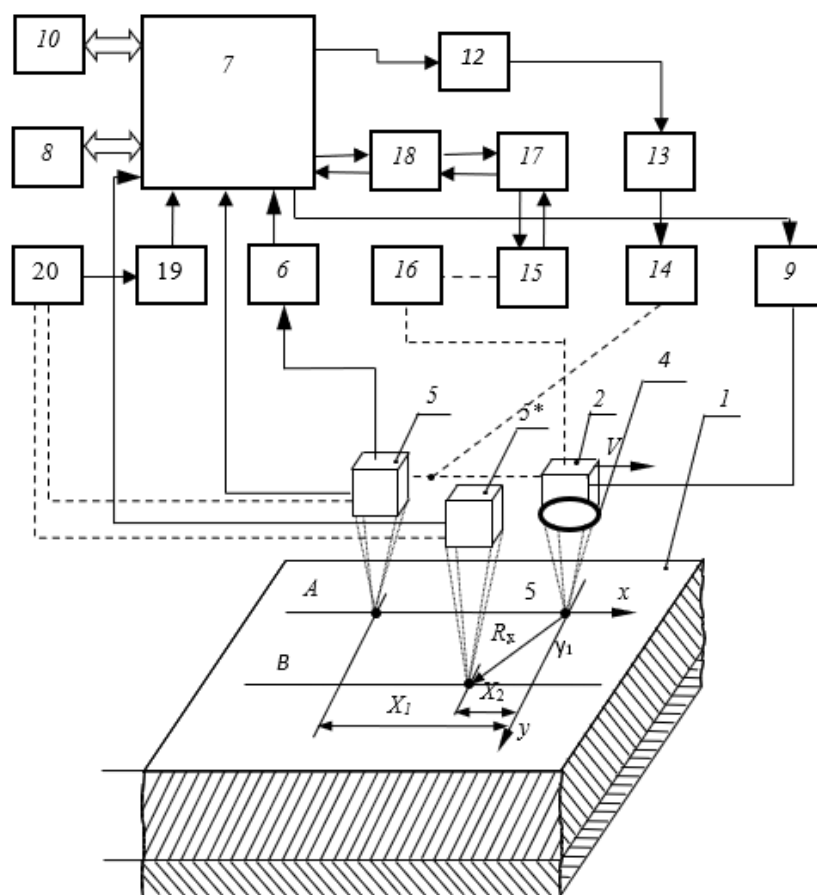


Рис. 1. Блок-схема микропроцессорной ИИС

Фокусировка термоприемника в центр пятна нагрева источника тепла 2 осуществляется устройством определения местоположения 19, которое посредством механизма перемещения 20 изменяет положение термоприемника 3 относительно поверхности контролируемого изделия.

Экспериментальная проверка разработанной системы на материалах с известными ТФХ показала ее работоспособность, приемлемую для технологических измерений точность и подтвердила корректность основных теоретических выводов, положенных в основу предложенной системы.

Библиографический список

1. Чернышов, В. Н. Микроволновые методы и системы контроля теплофизических характеристик материалов и изделий : монография / В. Н. Чернышов, Т. И. Чернышова. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 124 с.
2. Чернышова, Т. И. Методы и информационно-измерительные системы неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов и изделий : монография / Т. И. Чернышова, В. Н. Чернышов. – СПб. : Экспертные решения, 2016. – 384 с.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЬЦЕВОЙ СЕТИ ОБМЕНА ИНФОРМАЦИЕЙ В АППАРАТУРЕ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

А. В. Родина

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С. П. Королева, Самара, Россия
(e-mail: rodina.angelina@gmail.com)

Бортовая научная аппаратура должна иметь высокую помехозащищенность, стабильность функционирования, большой ресурс работы. Одним из важных этапов проектирования космических аппаратов (КА) является расчет надежности [1].

Актуальность темы данного исследования обусловлена необходимостью дальнейшего повышения помехозащищенности, стабильности и эффективности функционирования, увеличения ресурса работы бортовой телекоммуникационной сети КА научного назначения.

В качестве базового объекта исследования выбрана кольцевая полудуплексная сеть для обмена данными между устройствами в научной космической аппаратуре.

Предметом исследования являются модели, архитектура кольцевой сети IL_net и устройства управления ею.

В процессе выполнения работы получены следующие результаты:

1. Разработана модель кольцевой сети IL_net для обмена данными между устройствами бортовой аппаратуры КА, отличающаяся адаптивной подстройкой по скорости передачи данных и использованием кольцевой архитектуры связи между устройствами, что обеспечивает повышение стабильности работы при выходе из строя одной или нескольких линий связи.

2. Предложена архитектура сети IL_net, которая включает низкий, высокий и средний уровни, отличающаяся тем, что высокий уровень сети выполнен в виде кольцевого соединения устройств бортовой аппаратуры с дополнительной пузырьковой сетью, что повышает ее помехозащищенность.

3. Проведен теоретический анализ микроконтроллерных решений с выбором МК, схемо- и конструктивно совместимого с кольцевой сетью и адаптированного для обмена данными между бортовыми устройствами КА научного назначения.

4. Предложена, изготовлена и апробирована на этапе натурного лабораторного моделирования конструкция оптического датчика.

Разработанная модель кольцевой сети позволяет улучшить эксплуатационные характеристики бортовой научной аппаратуры космического аппарата. Предложенная архитектура сети IL_net позволяет расширить функциональные возможности бортовой аппаратуры. На основе проведенного теоретического анализа микроконтроллерных решений разработаны практические рекомендации по выбору и адаптации МК для конкретного варианта научной аппаратуры и типа КА.

Библиографический список

1. Ямпурин, Н. П. Основы надежности электронных средств : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Н. П. Ямпурин, А. В. Баранова; под ред. Н. П. Ямпурина. – М. : Академия, 2010. – 240 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАКЕТА ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ С КВАРЦЕВЫМ РЕЗОНАТОРОМ В РОЛИ ТЕРМОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА

Г. А. Волков, Х. Юнес, М. Хасан

Московский государственный технический университет
имени Н. Э. Баумана, Москва, Россия

(e-mail: egorgor123456@mail.ru @mail.ru;
hussam27992@gmail.com; Muhammad.hassan91r@gmail.com)

В современных условиях развития измерительной техники особую актуальность приобретает исследование альтернативных функциональных возможностей радиокомпонентов. Настоящая работа посвящена изучению возможности использования кварцевого резонатора в качестве термочувствительного элемента, что представляет собой инновационный подход к решению задачи термометрии.

Научная новизна работы заключается в разработке нового подхода к измерению температуры с использованием кварцевого резонатора. Предложенный метод обладает существенными преимуществами по сравнению другими методами [1] измерения температуры: высокая чувствительность к температурным изменениям [2], минимальные показатели старения, стабильность характеристик, простота интеграции в электронные схемы [3], экономическая эффективность.

Физический принцип работы основан на зависимости частоты резонанса кварцевого резонатора от температуры. Математическое описание данной зависимости (1) позволяет осуществлять точное преобразование частотного сигнала в температурные значения.

$$T = T_0 - \frac{A_1 + \sqrt{A_1^2 + 4A_2 f - 4A_2 f_0}}{2A_2}, \quad (1)$$

где T_0 – опорная температура; f_0 – опорная частота; A_1 – температурный коэффициент кварцевого резонатора 1-го порядка; A_2 – коэффициент 2-го порядка; T – измеряемая температура; f – измеренная частота.

В рамках исследования был разработан и реализован экспериментальный макет, состоящий из следующих функциональных блоков: система управления питанием, микроконтроллер, дисплейный модуль, термочувствительный элемент на базе кварцевого резонатора РКТ206. Разработанный модуль представлен на рис. 1.

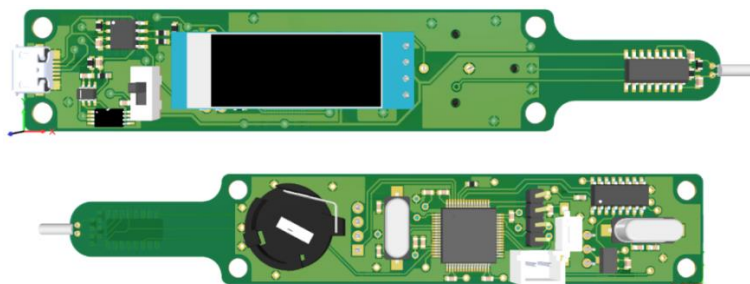


Рис. 1. Электронная ячейка экспериментального макета контроля температуры с кварцевым резонатором в роли термочувствительного элемента

Экспериментальные данные подтвердили криволинейную зависимость частоты генерирования сигнала от температуры кварцевого резонатора. Для обеспечения высокой точности измерений был выбран резонатор РКТ206, обладающий оптимальными температурными коэффициентами.

Проведенные исследования демонстрируют перспективность использования кварцевых резонаторов в качестве термочувствительных элементов. Результаты открывают широкие возможности для практического применения разработанного метода, измерения температуры в различных областях промышленности и бытовой техники, особенно в системах контроля температуры в помещениях и производственных условиях.

Библиографический список

1. Бесконтактный тепловой контроль изделий электронной техники / С. П. Панфилова, А. И. Власов, В. Н. Гриднев, А. С. Червинский // Производство электроники. – 2007. – № 3. – С. 25 – 30.
2. Lozhnikova, T. V. Comparative Assessment of Frequency Stabilization of Quartz Resonator Thermostats / T. V. Lozhnikova, A. M. Yarosh, S. V. Ermolenko // Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines. – 2019. – V. 7, No. 3. – P. 164 – 169.
3. Власов, А. И. Универсальный комплекс настройки частоты кварцевых генераторов и пьезоэлектрических фильтров / А. И. Власов, В. А. Пустовалов // Датчики и системы. – 2014. – № 12(187). – С. 46 – 51.

УСИЛИТЕЛЬ МОДУЛЬНЫЙ КОМБИНИРОВАННЫЙ УМК-4

М. Н. Иванов

Тамбовский техникум железнодорожного транспорта –
филиал ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет
путей сообщения», Ростов, Россия
(e-mail: kostyryamaks@gmail.com)

На железнодорожных станциях, где каждое действие должно быть четко скоординировано, двухсторонняя парковая связь (ДПС) играет важную роль в обеспечении оперативного и эффективного взаимодействия между исполняющим персоналом и руководством. Эта система обеспечивает мгновенную передачу информации, что критически важно для безопасного и слаженного функционирования железнодорожного транспорта.

От двухсторонней паркой связи зависит безопасность на транспорте и уровень качества предоставляемых услуг при информировании пассажиров и оповещении работников, находящихся на железнодорожных путях.

Ежегодно на железнодорожном транспорте идет рост пассажирских и грузовых потоков, идет развитие высокоскоростного движения, все это определяет высокий уровень требований к решению этих задач. Для решения этих требований на железнодорожном транспорте появилась некая интеллектуальная суперсистема, ориентированная на максимальное исключение человеческого фактора с глубокой интеграцией существующих информационных систем управления движением и достаточно гибкой новой технологией. Двухсторонняя парковая связь стала объектом данной централизованной системой информирования (ЦИСОП).

Данная система стала результатом совместной работы ОАО «РЖД», АО «НИИАС» и компании «Пульсар Телеком».

Современные усилители, модульные комбинированные (УМК), входят в сложную и умную систему ЦИСОП. Усилитель УМК-4 (рис. 1) обеспечивает следующие уникальные функциональные возможности: прямые информационные входы по IP-сети, цифровые и аналоговые входы, постоянный контроль уровня мощности в фидерах оповещения и акустический контроль сигналов оповещения, непосредственное подключение цифровых пультов и телефонов, автоматическое резервирование модульных усилителей мощности, полный удаленный доступ (мониторинг), контроль состояния устройств и многое другое.



Рис. 1. Усилитель УМК-4

Оборудование с УМК-4 может обеспечивать формирование доступной среды для людей с ограниченными возможностями. Согласно современным требованиям ряд мест общего пользования для людей с ограниченными возможностями здоровья могут быть оборудованы системами связи с дежурными или кнопками вызова помощника.

Для людей с нарушением слухового восприятия система позволяет дублировать голосовую информацию на текстовые табло с бегущей строкой для ее визуального отображения.

Также, уникальность УМК-4 состоит в том, что в его состав входит пульт руководителя ПР. ПР предназначен для передачи команд и сообщений руководителей эксплуатационной работы станции по громкоговорящей сети, ведения переговоров между исполнителями работ, находящимися на территории станции, с использованием парковой связи. На ПР имеются кнопки с индикатором цвета. Дежурный по станции по цветовому индикатору кнопки может видеть принадлежность паркового переговорного устройства, с которого идет вызов.

Повышенная надежность работы систем громкоговорящего оповещения на базе оборудования УМК-4 обеспечивается за счет применения комплексного резервирования основных устройств коммутационного и усилительного оборудования, цифровых абонентских линий, портов и цифровых потоков.

Библиографический список

1. Усилитель модульный комбинированный четырехканальный УМК-4×ХХ. Руководство по эксплуатации (Часть 1). ТСВР.465253.001.25.РЭ.
2. ООО ПП «Пульсар-Телеком». Типовые технические решения по организации системы громкоговорящего оповещения на железнодорожных станциях. – Пенза, 2017.

МЕТОДИКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА БОРТОВОГО РАДИОЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА

Д. В. Серебряков

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С. П. Королева, Самара, Россия
(e-mail: menotar52@gmail.com)

Бортовые устройства телекоммуникаций, радиотехники, электроники и другая радиоэлектронная аппаратура (БРЭА) космических аппаратов (КА) работают в достаточно жестких условиях. Одним из негативных факторов, снижающих эксплуатационную надежность, является тепловая нагрузка. Ряд узлов (АФАР), усилители мощности в процессе функционирования выделяют большую тепловую мощность. Для снижения влияния этой нагрузки используют системы обеспечения теплового режима (СОТР). Они обеспечивают нагрев или охлаждение термоплат и других конструктивных элементов, на которых располагается аппаратура (модули первого и второго уровней). СОТР обеспе-

чивает заданное пространственно-временное распределение температуры и нормальный тепловой режим работы БРЭА.

На работоспособность бортовой аппаратуры большое влияние оказывают факторы внешней среды. Среди них сложно выделить температуры [1]. Для оценки теплового воздействия на РЭА используются разного вида модели, например конечно-элементные [2]. Они позволяют проводить тепловые расчеты аппаратуры.

В данной работе в качестве объекта исследования был использован вторичный источник питания (ВИП) бортового микропроцессорного контроллера температуры (МКТ) КА.

После завершения разработки конструкции ВИП был проведен комплексный тепловой расчет. Для этого использовали тепловую модель, позволяющую использовать метод тепловых сопротивлений для вычислительного анализа. Модель блока представлена в виде линейных электрических цепей с использованием принципа электротепловой аналогии. В этой аналогии участки, по которым движется тепловой поток (участки тепловой цепи), интерпретируются как тепловые сопротивления, эквивалентные электрическим. Аналогичным образом тепловыделяющие компоненты рассматриваются как источники тока, рассеиваемая тепловая мощность приравнивается электрическому току, а температуры в заданных точках тепловых цепей соответствуют электрическим потенциалам. Таким образом, тепловой расчет сводится к расчету электрической схемы по постоянному току, где основная цель заключается в определении потенциалов в узлах, соответствующих отдельным компонентам системы.

Наиболее сложной для точного физико-математического моделирования оказалась тепловая модель рамки. Рамка была условно разбита на изотермические объемы так, что тепловыделяющие компоненты оказались интегрированными в узлы тепловой схемы. В результате оптимизации по объему данных и точности вычислений наилучшим решением признано условное разбиение рамки на прямоугольные параллелепипеды.

Тепловая модель устройства рассчитана в пакете прикладных программ Micro Cap 9. Затем была проведена оценка теплового режима радиоэлектронного блока. Установлено, что расчетные значения температур элементов конструкции блока ВИП соответствуют требованиям технического задания. Разработаны рекомендации по использованию дополнительных конструктивных элементов для поддержания нужного теплового режима отдельных теплонагруженных компонентов и модулей первого уровня.

Библиографический список

1. Дульнев, Г. Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре / Г. Н. Дульнев. – М. : Высшая школа, 1984. – 247 с.
2. Максимов, Е. Ю. Конечно-элементная модель тепловых воздействий на микрополосковую антенну / Е. Ю. Максимов, Н. К. Юрков, А. Н. Якимов // Измерительная техника. – 2011. – № 2. – С. 65 – 68.

СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ ПРЕПЯТСТВИЙ ДЛЯ БПЛА НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

К. А. Полкунов, Н. Г. Чернышов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: lenaaks@mail.ru)

Современные БПЛА все чаще применяются вблизи препятствий (инспекция, доставка), но системы с лидарами и ИК-датчиками обладают высокой стоимостью и энергопотреблением. Разработана камерная система обнаружения препятствий на основе YOLOv5n: замена полносвязных слоев на depthwise separable-свертки сократила параметры модели на 40...60%. Обучение проведено на датасете KITTI (7 тыс. изображений с аннотациями) с параметрами: batch 32, разрешение 320×320, 50 эпох. Обучение модели контролируется функцией потерь:

$$L = L_{bbox} + L_{obj} + L_{class}, \quad (1)$$

где L_{bbox} – ошибка координат ограничивающих рамок; L_{obj} – уверенность в наличии объекта; L_{class} – ошибка классификации.

Эти компоненты объединяются в общую функцию потерь, что позволяет модели одновременно оптимизировать точность локализации, уверенность и классификацию.

Особенности системы.

Уменьшение разрешения изображений до 320×320 снижает нагрузку на процессор.

Скорость обработки – 35 кадров в секунду (FPS), что соответствует требованиям реального времени.

Замена полносвязных слоев позволила ускорить обработку на 20% и сократить энергопотребление.

Построение карты препятствий:

На основе данных YOLOv5n формируется 2D-карта, где препятствия помечаются как занятые зоны.

```
grid = [  
    [0, 0, 0, 0],  
    [0, 1, 0, 0],  
    [0, 1, 1, 0],  
    [0, 0, 0, 0]  
]
```

Рис. 1. Пример сформированной 2D-карты:

1 – обозначает препятствие; 0 – свободное пространство

Фильтр Калмана компенсирует шумы камеры (дрожание веток), прогнозируя положение дрона по скорости и корректируя траекторию.

Разработанная система демонстрирует, что использование исключительно камеры и оптимизированных алгоритмов компьютерного зрения позволяет достичь высокой точности (85% mAP) и скорости обработки (35 FPS) при ми-

нимальных затратах. В отличие от коммерческих аналогов, таких как DJI Phantom 4 Pro или Skydio 2, которые полагаются на дорогостоящие лидары и ИК-датчики, данное решение устраняет необходимость в дополнительных сенсорах, снижая стоимость внедрения на 60...80% [1 – 4].

Библиографический список

1. Селиванова, З. М. Повышение точности информационно-измерительных систем неразрушающего контроля теплофизических свойств твердых материалов / З. М. Селиванова, Т. А. Хоан // Измерительная техника. – 2015. – № 9. – С. 45 – 48.

2. Селиванова, З. М. Оценка надежности информационно-измерительной системы теплофизических свойств материалов при воздействии дестабилизирующих факторов / З. М. Селиванова, Т. А. Хоан // Надежность и качество сложных систем. – 2017, № 4. – С. 13. – 19.

3. Approximation of Distribution Law of Experimental Test Data to Assess Reliability of Information-Measuring and Control Systems / Yu. T. Zyryanov, I. G. Ryazanov, A. Yu. Naumova, et al. // Journal of Physics: Conference Series. XIII International Scientific and Technical Conference «Applied Mechanics and Systems Dynamics». – 2020. – P. 012081.

4. Application of Generalized Distribution Laws for the Reliability Assessment of Information and Measuring Systems of Energy Saving Control / Y. T. Zyryanov, N. G. Chernyshov, I. G. Ryazanov // In Journal of Physics Conference Series. – 2019. – V. 1172, No. 1.

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА ТЕПЛОПРОВОДЯЩИХ ПОДЛОЖЕК ДЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ

К. В. Скоморохов, З. М. Селиванова

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: selivanova_zm@mail.ru)

Теплопроводящие подложки, такие как нитрид алюминия (AlN) или карбид кремния (SiC), играют критическую роль в современных электронных устройствах, обеспечивая эффективный отвод тепла и предотвращая перегрев компонентов. Точность измерения их теплопроводности напрямую влияет на надежность и долговечность микросхем, что делает разработку высокоточных информационно-измерительных систем (ИИС) для контроля качества теплопроводящих подложек электронных компонентов одной из основных задач в микроэлектронике [1].

Оценкой точности ИИС служит комплексный анализ ее метрологических параметров, включая стабильность работы датчиков, корректность алгоритмов обработки данных и воспроизводимость результатов. Важную роль играет калибровка оборудования с использованием эталонных образцов, имитирующих

свойства теплопроводящих подложек. Это позволяет выявить систематические погрешности, связанные, например, с температурным дрейфом или внешними электромагнитными помехами. Кроме того, учитывается влияние условий эксплуатации: перепады влажности, вибрации или неравномерность теплового поля, которые могут искажать данные. Поэтому необходимо внесение поправок в измерительные алгоритмы при определении теплопроводности теплопроводящих подложек электронных компонентов [2, 3].

Для верификации результатов измерения применяются статистические методы, такие как сравнение данных ИИС с результатами независимых лабораторных испытаний. Анализ результатов сравнения позволяет определить доверительный интервал измерений и повысить точность системы. При оценке теплопроводности подложек компонентов важно учитывать не только абсолютные значения, но и динамику изменения температуры, что требует высокой частоты дискретизации и точной синхронизации измерительных каналов [4].

Основной проблемой при оценке качества подложек является комплексный характер погрешностей, возникающих из-за неоднородности материала, анизотропии теплопроводности, а также внешних факторов, таких как колебания температуры и влажности. Например, текстурированные структуры (AlN) демонстрируют различную теплопроводность вдоль и поперек кристаллографических осей, что требует применения специализированных алгоритмов для коррекции результатов измерения их теплопроводности. Традиционные методы измерений, такие как стационарные тепловые, в основном обеспечивают погрешность измерения теплопроводности подложек около 10...15%, что недостаточно при оценке качества подложек электронных компонентов.

Повышение точности ИИС связано с внедрением многоточечных датчиков для учета локальной неоднородности материалов подложек. Это позволит автоматически идентифицировать дефекты структуры, такие как микротрещины или поры, и корректировать тепловые модели в реальном времени. Кроме того, подключение системы к IoT-платформам обеспечит удаленный мониторинг качества подложек на производственных линиях, а применение блокчейн-технологий позволит повысить достоверность и точность передаваемых дистанционно данных.

Библиографический список

1. Годовский, Ю. К. Теплофизические методы исследования полимеров / Ю. К. Годовский. – М. : Химия, 1976. – 216 с.
2. Селиванова, З. М. Математические модели и алгоритм для совершенствования информационно-измерительной системы неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов / З. М. Селиванова, Т. А. Хоан // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2016. – Т. 22, № 4. – С. 520 – 534.
3. Селиванова, З. М. Метод и алгоритм определения теплопроводности материалов при неопределенных условиях / З. М. Селиванова, К. В. Скоморохов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2023. – Т. 29, № 4. – С. 541 – 553.

4. Чернышов, Н. Г. Особенности создания систем энергосберегающего управления на множестве состояний функционирования / Н. Г. Чернышов, Д. Ю. Муромцев // Автоматика и вычислительная техника. – 2008. – № 3. – С. 74 – 82.

СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕТАПОВЕРХНОСТЯМИ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИМПУЛЬСОВ

А. В. Хлебодаров, К. В. Сметанин, В. В. Чепрасов, К. С. Четырина

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: KhlebodarovAV@yandex.ru)

Применение и развитие метаматериальных структур в последнее время приобретает все более широкое распространение в общественной среде. Тенденция развития технологий с применением метаповерхностей стимулирует появление новых устройств и модернизацию старых в связи с присущими метаповерхностям особыми свойствами. В частности, корректное управление метаповерхностями является неотъемлемым фактором в создании высокоэффективных антенных комплексов и антенных решеток.

Однако, применяя обычную метаповерхность в конструкции антенной решетки, конструкция окажется неработоспособной в связи с невозможностью правильно отразить или принять сигнал из-за особенностей метаповерхностной структуры [1].

Для управления метаповерхностью, а именно пространственного ориентирования металлических проводников и диэлектрических частиц метаповерхности, используются специальные PIN-диоды.

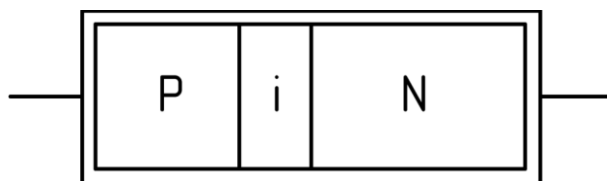


Рис. 1. Структурная схема PIN-диода

Характерной особенностью PIN-диода является наличие нелигированной области (i-область) между электронной (N) и дырочной (P) областями. Таким образом, пространственное ориентирование каждой частицы метаповерхности может быть осуществлено путем изменения подаваемого на PIN-диоды напряжения [2].

В основе всех управляемых метаповерхностей лежит принцип управления метаатомами, каждый из которых имеет несколько квантовых физических состояний. Наиболее распространенным и оптимальным с экономической, энергетической сторон, а также по стоимости и сложности производства вариантом управления метаатомами является способ однобитного кодирования. Такой способ кодирования подразумевает, что метаатом имеет только два активных состояния [3].

Управляемые метаповерхности на основе PIN-диодов и адаптивных алгоритмов открывают новые возможности для создания реконфигурируемых антен-

ных решеток. Интеграция с технологиями ИИ позволяет реализовать интеллектуальные системы, способные автономно адаптироваться к изменяющимся условиям. Однобитное кодирование метаатомов остается наиболее практичным решением, сочетающим функциональность и энергоэффективность. Дальнейшее развитие требует улучшения быстродействия и миниатюризации элементов. Перспективы таких технологий охватывают радиосвязь, радиолокацию и IoT, формируя новое поколение программируемых антенных систем.

Библиографический список

1. Ларионов, М. Ю. Антенна на основе метаматериала / М. Ю. Ларионов // Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет) – 2020. – № S96-2. – С. 650 – 652.
2. Алексеев, Ю. И. Амплитудно-модулированный передатчик на PIN-диоде / Ю. И. Алексеев // Известия ТРТУ. – 2004. – № 1(36). – С. 25–26.
3. Белоусов, О. А. Особенности применения нейросетевых технологий в комплексе обнаружения и противодействия для защиты объектов критической инфраструктуры от малоразмерных беспилотных летательных аппаратов гражданского назначения / О. А. Белоусов // Наука настоящего и будущего – 2024. – С. 74 – 76.

VPN В КОРПОРАТИВНОЙ СРЕДЕ

Д. К. Кочнев, Н. С. Кутырев, А. И. Консевич

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия
(e-mail: kochnev.dk@dvfu.ru; kutyrev.ns@dvfu.ru; konsevich.ai@dvfu.ru)

В эпоху цифровизации все современные предприятия активно применяют технологические инновации. Филиалы организаций могут быть расположены в разных частях города, региона, страны. Поэтому предприятия внедряют сетевые технологии для дистанционного взаимодействия с каждым офисом компании, а также появляется возможность работать удаленно. Для реализации данных возможностей используют протокол VPN.

Виртуальная частная сеть (VPN) в корпоративной сфере обеспечивает безопасное подключение сотрудников к корпоративной сети и передачу информации по зашифрованному каналу. С помощью VPN сотрудники компании могут удаленно подключаться к базам данных, серверам и приложениям, доступным только при подключении через локальную сеть офиса. В виртуальную частную сеть компании не получится попасть без специально настроенного доступа. При использовании VPN безопасность данных в корпоративной сети обеспечивается за счет шифрования трафика и аутентификации пользователей. Благодаря этому обеспечивается защита данных от посторонних лиц [1].

Для использования VPN в корпоративной среде необходимо оборудование, которое будет предоставлять данную функцию. На российском рынке представлено множество вариантов производителей криптошлюзов. Рассмотрим самые популярные из них: VipNet и Континент Web.

VipNet – компания, которая представляет собой современные решения для защиты информации в различных сферах, включая государственные учреждения. Оборудование данной компании использует собственный протокол VipNet, совместимый с IPsec, соответствует требованиям для обработки персональных данных. Для реализации виртуальной частной сети данной компании необходимо купить серверное оборудование. Клиентская часть устанавливается на рабочие станции пользователей и обеспечивает шифрование данных и контроль доступа. Серверная инфраструктура включает в себя управление ключами шифрования, аутентификацию. VipNet поддерживает несколько тысяч одновременных подключений. Минимальная скорость шифрования в VipNet – 50 Мбит/с, а максимальная – 5,5 Гбит/с [2].

Континент Web – это комплексное решение для защиты веб-приложений, объединяющее функции TLS-шлюза и инструмента для защиты веб-сайтов и веб-приложений. Данная компания также имеет оборудование, которое соответствует требованиям для обработки персональных данных. У данного производителя есть поддержка внешнего криптопровайдера «Крипто-Про», «Рутокен», а также может работать с несколькими криптографическими системами. У Континент Web подключение к VPN не требует установку дополнительного программного обеспечения. Минимальная скорость шифрования в Континент Web – 10 Мбит/с, а максимальная – 10 Гбит/с. У данного оборудования используется архитектура PKI – система, предназначенная для управления и распределения ключей шифрования. Это означает, что передача информации через Континент Web более защищенная [3].

Обе компании обеспечивают высокий уровень безопасности, но каждая подходит к той или иной сфере. VipNet больше подходит для бизнеса, а Континент Web – для государственных учреждений.

Библиографический список

1. Проектирование защищенной корпоративной сети с применением VPN / М. Ю. Перухин, Л. Т. Воронина, Л. Х. Сафиуллина, А. А. Алексеева // Международный научно-исследовательский журнал. – 2025. – № 3.
2. Прудников, А. И. Особенности использования технологии VipNet для защиты информации в корпоративных сетях / А. И. Прудников, В. Г. Шахов // Омский научный вестник. – 2012.
3. Руководство администратора «АПКШ «Континент».

ПЕРВЫЙ ВЗГЛЯД НА Wi-Fi 7

Н. С. Кутырев, Д. К. Кочнев, С. И. Жебровский

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия
(e-mail: kutyrev.ns@dvfu.ru; kochnev.dk@dvfu.ru; zhebrovskiy.si@dvfu.ru)

В 1999 году IEEE утвердил первый стандарт Wi-Fi, 802.11b, который стал широко принят. Затем беспроводные протоколы также приняли более доступную схему именования для объявления новых поколений стандартов Wi-Fi – это 4, 5 и 6/6E 802.11n, 802.11ac и 802.11ax соответственно [1].

Wi-Fi 6 именуется как «Высокоэффективный» WLAN, а Wi-Fi 7 получает маркировку ЕНТ или «Чрезвычайно высокая пропускная способность».

7-е поколение объединяет три диапазона (2, 4, 5 и 6 ГГц), сверхширокие каналы и многочисленные каналы данных вместе для увеличения производительности.

Разница между предыдущими поколениями показана на рис. 1 [2].

	WiFi 7	WiFi 6E	WiFi 6	WiFi 5
IEEE	802.11be	802.11ax		802.11ac
Max data rate	46 Gbps	9.6 Gbps		3.5 Gbps
Bands	2.4GHz, 5GHz, 6GHz	2.4GHz, 5GHz, 6GHz	2.4GHz, 5GHz	5GHz
Bandwidth	Up to 320 MHz	20 MHz, 40 MHz, 80 MHz, 80+80 MHz, 160 MHz		
Modulation	4096-QAM	1024-QAM OFDMA		256-QAM OFDM
MIMO	16x16 MU-MIMO	8x8 MU-MIMO		4x4 MU MIMO
RU	Multi-RUs	RU		N/A
Security	WPA3	WPA3		WPA2

Рис. 1. Разница между предыдущими поколениями Wi-Fi

Ширина канала в диапазоне 6 ГГц до 160 МГц, Wi-Fi 7 расширяет полосу пропускания до 320 МГц, удваивая пропускную способность передачи данных.

Из-за нормативных ограничений диапазон 6 ГГц доступен только в некоторых регионах/странах.

С введением 4K-QAM, Wi-Fi 7 улучшает скорость передачи данных на 20% по сравнению с Wi-Fi 6/6E, поскольку более высокое число QAM означает, что данные могут быть более плотно сжаты в передачу сигнала.

Передача данных ограничивалась одним диапазоном, например 2,4 или 5 ГГц. Но MLO (Multi-link Operation) позволяет одному устройству подключаться к разным диапазонам, передавать и получать данные в диапазонах одновременно и обеспечивает более высокую скорость за счет объединения полосы пропускания с более надежными соединениями Wi-Fi. Одновременный MLO – это режим STR (одновременная передача и прием). Попеременный MLO – это eMLSR (улучшенный Multi-Link-Single-Radio).

MU-MIMO (Multi-User Multiple-Input Multiple-Output) поддерживает одновременную передачу и прием данных несколькими пользователями. 16×16 MU-MIMO удваивает количество потоков по сравнению с Wi-Fi 6, тем самым увеличивая емкость сети. 16×16 MU-MIMO не является обязательной функцией для всех устройств Wi-Fi 7.

Multi-RU (Ресурсные единицы (RU) представляют собой группу небольших фрагментов беспроводной радиочастоты, и каждая RU состоит из ряда тонов.) Благодаря Multi-RU Wi-Fi 7 смогут в полной мере использовать оставшиеся части каналов, которые простаивают или даже прерываются.

Широкие каналы содержат больше RU и тонов. RU предназначены для одновременной поддержки нескольких пользователей при интенсивном трафике и для обеспечения свободного распределения RU по мере необходимости на разных частотах, чтобы увеличить пропускную способность и сократить задержку.

OFDMA в Wi-Fi 6 был прорывом, но были возможности для роста. С Wi-Fi 6 один пользователь мог иметь один RU, оставляя другие без работы. Multi-RU могут более эффективно использовать RU, один пользователь может использовать несколько RU в зависимости от своих нужд. Основная цель OFDMA – распределение полосы пропускания и обеспечение ее эффективного распределения при подключении нескольких пользователей. Это позволяет более эффективно использовать полосу пропускания и увеличивает объем данных, которые пользователь может загрузить и выгрузить.

Библиографический список

1. https://nl.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11
2. <https://hi-tech.ua/wifi-7-preimushhestva-i-vozmozhnosti-novogo-standarta/>
3. <https://www.tp-link.com/kz/wifi7/>
4. <https://ru.msi.com/blog/what-is-wifi-7>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕТЕЙ 6G В УПРАВЛЕНИИ БЕСПИЛОТНЫМИ АППАРАТАМИ

М. А. Фомин, С. К. Казьмин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: 68.mixxx@gmail.com)

В настоящее время ведется активное развитие беспилотно-авиационных систем для решения достаточно широкого круга задач. Это и задачи логистические, задачи мониторинга, и т.д. Для централизованного управления такими беспилотно-авиационными системами требуется достаточно развитая инфраструктура, позволяющая осуществлять мониторинг полетов беспилотно-воздушных судов, а также управление этими беспилотно-воздушными судами и передачу информации с беспилотно-воздушных судов, включая и варианты роевого управления. Для решения этих задач необходимо использовать достаточно эффективную систему радиосвязи, как централизованную, так и децентрализованную. Такими системами радиосвязи могут использоваться системы спутниковой связи, стационарные системы связи и т.д.

Такие комплексы связи представляют собой сети мобильных связей новых поколений. Это, в частности, сети 5G и 6G.

В связи с тем, что часть беспилотно-авиационных систем или беспилотно-летательных аппаратов обеспечивает мониторинг или дистанционное зондирование земли, необходимо осуществлять большой объем передаваемой информации. Для этого более подходящим является стандарт 6G, притом

используется стандарт в совмещенной структуре как с наземным, так и со спутниковым сегментом.

Так как данный стандарт работает на миллиметровых, субмиллиметровых длинах волн, что позволяет использовать достаточно широкий канал связи и увеличивать пропускную способность передаваемой информации. Технологии MU MIMO (Multi-User Multiple Input Multiple Output) и Beamforming, используемые в стандарте 6G, позволяют обеспечивать минимальные задержки связи. А система управления полетами, в том числе и роевое управление беспилотными авиационными системами, позволяет в реальном времени быстро изменять траекторию полета, а также оперативно реагировать на обстановку в реальном времени.

Таким образом, применение системы управления беспилотно-воздушными судами на основе технологии передачи информации 6G позволит использовать весь потенциал беспилотно-воздушных судов, осуществляющих мониторинг, дистанционное зондирование земли и т.д., включая варианты применения и роевого управления, что позволит в свою очередь значительно увеличить эффективность выполнения задач, поставленных перед беспилотно-воздушными судами.

Библиографический список

1. Сети 5G/6G: архитектура, технологии, методы анализа и расчета / Д. А. Молчанов, В. О. Бегишев, К. Е. Самуйлов, Е. А. Кучерявый. – М. : Российский университет дружбы народов. – 2022.
2. Хансен, Р. С. Фазированные антенные решетки / Р. С. Хансен. – М. : Техносфера, 2012.
3. Воскресенский, Д. И. Активные фазированные антенные решетки / Д. И. Воскресенский, А. И. Канащенков. – М. : Радиотехника, 2004.
4. Иванов, Д. Я. Методы роевого интеллекта для управления группами малоразмерных беспилотных летательных аппаратов / Д. Я. Иванов // Известия Южного федерального университета. – 2011.
5. Мустаев, А. Ф. Стратегии управления роем беспилотных летательных аппаратов / А. Ф. Мустаев // Вестник науки. – 2019.
6. Методы обучения сверточных многослойных нейронных сетей при идентификации объектов комплексом обнаружения малых бас / А. О. Смирнов, А. А. Тришаков, О. А. Белоусов, М. М. Кирюпин // Новые информационные технологии в научных исследованиях : материалы XXVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов, Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина, 22 – 24 ноября 2023 года. – Рязань : Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина, 2023. – С. 150 – 152.
7. Development of antenna system for use in meteorological and climatic control complexes / M. A. Kudryashov, O. A. Belousov, V. I. Tetyukhin et al. // Journal of Physics: Conference Series : 15, Virtual, Online, 09 – 11 ноября 2021 года. – Virtual, Online, 2022. – P. 012094.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АДАПТАЦИИ КАНАЛОВ СВЯЗИ В СИСТЕМАХ LTE/LTE-A С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОДВИНУТЫХ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ

К. С. Сайфуллозода, О. А. Белоусов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: Sqiyom@bk.ru)

Сети LTE и LTE-A обеспечивают высокоскоростную передачу данных, что крайне важно в условиях быстро развивающихся технологий мобильной связи и возрастающих потребностей пользователей в качественном обслуживании. Одной из ключевых задач при проектировании таких систем является обеспечение стабильного и эффективного канала связи, который способен адаптироваться к изменяющимся условиям. Сетевые каналы могут быть подвержены различным помехам и флуктуациям, таким как интерференция, затухание сигнала, шум, а также перегрузка сети из-за высокой концентрации пользователей. Для эффективного использования каналов связи требуется применение динамических алгоритмов адаптации, которые позволяют минимизировать потерю пакетов, улучшить качество передачи данных и повысить общую пропускную способность сети [1].

Основной задачей адаптации канала связи является автоматическое изменение параметров канала для компенсации неблагоприятных изменений в среде передачи. В сетях LTE используются различные подходы к адаптации канала, такие как:

- 1) управление мощностью (Power Control) – алгоритм, регулирующий мощность передатчика для минимизации помех и оптимизации использования частотного спектра;
- 2) адаптация модуляции и кодирования (AMC – Adaptive Modulation and Coding) – изменение схемы модуляции и кодирования для обеспечения надежности передачи и увеличения спектральной эффективности;
- 3) сетевой план адаптации – динамическое распределение ресурсов канала связи между пользователями с учетом изменения их потребностей и качества канала [2].

Алгоритмы управления мощностью в LTE-системах регулируют мощность передатчика для минимизации помех и оптимизации передачи данных. В сети LTE активно применяется алгоритм управления мощностью с замкнутым контуром (Closed-Loop Power Control). Для передачи данных на короткие расстояния, например от мобильного устройства к базовой станции, алгоритм может автоматически уменьшить мощность, что позволяет снизить помехи.

Для адаптации модуляции и кодирования в рамках адаптации канала связи используется механизм Adaptive Modulation and Coding (AMC), который меняет тип модуляции и кодирования в зависимости от качества канала. При высоком качестве канала может быть использована более высокая скорость модуляции (например, 64-QAM), что повышает пропускную способность канала. В условиях плохого качества канала (например, в условиях сильного затухания или интерференции) используется более простая схема модуляции (например,

QPSK), чтобы снизить вероятность ошибок. Для эффективной работы сетей LTE/LTE-A необходимо применение адаптивных алгоритмов, которые способны динамически менять параметры канала связи в зависимости от условий сети. Алгоритмы управления мощностью, адаптация модуляции и кодирования, а также использование методов машинного обучения помогают значительно повысить качество обслуживания и пропускную способность сети.

Библиографический список

1. Оптимизация зоны покрытия сети сотовой связи на основе математического программирования / И. А. Зикратов, Ф. Н. Шаго, А. В. Гуртов, И. И. Иванинская // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2015. – Т. 15, № 2. – С. 313 – 321.
2. Kresse, G. From Ultrasoft Pseudopotentials to the Projector Augmented-Wave Method / G. Kresse, D. Joubert // Rev. B. – 1999. – V. 59(3). – P. 1758 – 1775.
3. Ермолаев, С. Ю. Применение генетических алгоритмов для решения задачи оптимального размещения базовых станций / С. Ю. Ермолаев // Цифровая обработка сигналов и ее применение : докл. 10-й Междунар. конф. (DSPA, Москва, Российская Федерация, 26 – 28 марта 2008). – М. : ИПУ РАН, 2008. – С. 312 – 314.

МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ АНТЕННЫМИ РЕШЕТКАМИ

Н. И. Магомедов, К. С. Сайфуллозода, О. А. Белоусов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: islam.magomedov1975@gmail.com)

Антенные решетки широко применяются в радиолокации, навигации, радиосвязи и в других областях, охватывая диапазон частот от 3 кГц до 3000 ГГц. Действие антенной решетки основано на интерференции электромагнитных волн, излучаемых отдельными элементами в режиме передачи, и когерентном суммировании сигналов, поступающих от элементов в режиме приема. Взаимное расположение элементов в пространстве и соотношение фаз возбуждаемых в них электромагнитных колебаний определяет направление максимального излучения (приема) антенной решетки и форму ее диаграммы направленности.

Главной особенностью антенной решетки является возможность управления ее диаграммой направленности, т.е. формирование диаграммы направленности определенной или специальной формы, такие как: многолепестковые, однолепестковые, косекансные и др. Формирование диаграммы направленности достигается путем изменения амплитуд и фаз колебаний, возбуждаемых в элементах, с использованием методов управления антенными решетками. Эти методы включают частотный, фазовый, фазочастотный и цифровой методы.

Частотный метод управления антенной решеткой основан на изменении частоты подаваемых сигналов на элементы антенны. Этот подход позволяет управлять амплитудными характеристиками диаграммы направленности [1]. Благодаря изменению частоты можно добиться размытия главного лепестка. Данный метод имеет адаптивное управление, которое позволяет быстро адаптироваться к изменяющимся условиям.

Фазовый метод заключается в управлении фазовым сдвигом между элементами антенно-фидерной системы, что позволяет контролировать распределение энергии в пространстве. Данный метод обеспечивает более высокую точность формирования главного лепестка и подавление боковых лепестков. Есть возможность создания узконаправленных лучей для формирования узких пучков, необходимых в радарных и телекоммуникационных системах. Метод имеет обратимость процесса.

Фазочастотный метод сочетает в себе принципы частотного и фазового методов, обеспечивая более гибкое управление амплитудно-фазовыми характеристиками. Позволяет создавать сложные многолепестковые структуры, включая косекансные диаграммы. За счет эффективного использования мощности путем точного управления фазами и частотами оптимизирует энергопотребление наряду с другими методами.

Цифровой метод основан на использовании цифровых сигнальных процессоров (ЦСП) для обработки сигналов на входе и выходе элементов антенно-фидерной системы [2]. Метод заключается в применении цифровых фазовых сдвигов к каждому элементу решетки с использованием фазовращателей или программируемых задержек. Поддерживает алгоритмы машинного обучения для тонкой настройки диаграммы направленности.

Существуют также методы адаптивного управления, такие как метод наименьших полных квадратов или рекуррентный метод наименьших квадратов, для динамического корректирования фазовых сдвигов в целях подавления нежелательных боковых лепестков и улучшения отношения сигнал/шум. Метод линейного сканирования: изменение фазовых сдвигов последовательно вдоль линейной или двумерной решетки для формирования и перемещения главного лепестка ДНА [1].

Таким образом, перечисление всех вышеуказанных методов управления позволяет создать высоконадежную и гибкую систему формирования диаграммы направленности, способную эффективно работать в разнообразных условиях и обеспечивать широкий спектр возможностей, от точного формирования узконаправленных лучей до создания сложных многолепестковых структур.

Библиографический список

1. Антенные решетки : учебное пособие / В. И. Невзоров, П. В. Савочкин, К. В. Бакурский ; под ред. В. И. Невзорова. – СПб. : ВКА им. А. Ф. Можайского, 2013. – 105 с.
2. Антенны и устройства СВЧ. Проектирование фазированных антенных решеток : учебное пособие / под ред. Д. И. Воскресенского. – М. : Радио и связь, 1994. – 592 с.

ПОВЫШЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Т. И. Чернышова, Н. И. Магомедов, Р. Ю. Курносков

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: islam.magomedov1975@gmail.com)

Большой объем экспериментальных исследований в различных областях производства и научных исследованиях и связанный с этим объем проводимых измерительных экспериментов требуют высокого качества используемых измерительных средств, в том числе и информационно-измерительных систем (ИИС).

Среди показателей качества ИИС особо значимыми являются показатели метрологической надежности: метрологический ресурс и вероятность сохранения метрологической исправности. Соответствие этих показателей требуемым значениям определяется на этапе проектирования аналоговых блоков (АБ), составляющих измерительный канал ИИС, и контролируется в процессе эксплуатации при проведении метрологических поверок [1].

Анализ методов оценки МН АБ ИИС на этапе проектирования позволяет сделать вывод о целесообразности использования для решения такой задачи математического моделирования изменения во времени метрологических характеристик (МХ) АБ ИИС с использованием аппарата аналитико-вероятностного прогнозирования. При этом основой для построения математической модели временного измерения МХ служат априорные знания о процессах изменения во времени параметров составляющей АБ элементной базы.

Полученные в результате прогнозирования значения показателей МН определяют уровень их соответствия требуемым для проектируемого АБ значениям [2]. Если уровень рассчитанных показателей МН меньше требуемых, то необходимо на этапе проектирования перейти к решению задачи увеличения этих показателей. На рисунке 1 представлена схема общего алгоритма повышения МН АБ ИИС.

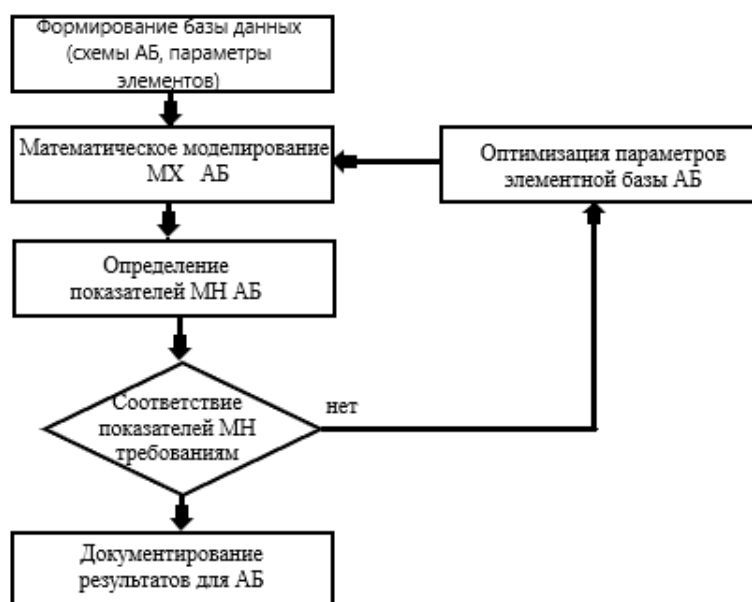


Рис. 1. Схема общего алгоритма повышения МН АБ ИИС

Проведенный анализ показал, что задача повышения МН может рассматриваться как задача оптимизации любого из показателей МН, решаемая посредством варьирования параметров комплектующих элементов с использованием методологии схмотехнического проектирования, проведения параметрического синтеза схемы АБ с сохранением требований к выходным характеристикам АБ и ИИС в целом.

Библиографический список

1. Чернышова, Т. И. Математическое моделирование метрологических характеристик при оценке метрологической надежности электронных измерительных средств / Т. И. Чернышова, М. А. Каменская, Р. Ю. Курносков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2017. – Т. 23, № 2. – С. 209 – 215.

2. Чернышова, Т. И. Применение методов математического моделирования при оценке метрологической надежности блока аналого-цифрового преобразователя / Т. И. Чернышова, Р. Ю. Курносков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2017. – Т. 23, № 4. – С. 589 – 594.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИИ ДОЗИРОВАНИЯ И ТРАФАРЕТНОЙ ПЕЧАТИ ТЕХПРОЦЕССА СБОРКИ ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ НА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ

А. Е. Курносенко, К. Х. Нгуен

Московский государственный технический университет
имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет),
Москва, Россия

(e-mail: quanghien15012k@gmail.com, a.kurnosenko@gmail.com)

С развитием технологий поверхностного монтажа электронных компонентов на печатные платы, а также увеличением объемов массового производства электронных модулей возрастает потребность в точном и надежном выполнении таких операций, как дозирование паяльной пасты и трафаретная печать. Именно эти этапы технологического процесса в значительной степени определяют качество сборки, стабильность пайки и, как следствие, надежность функционирования конечного изделия. Современные подходы к цифровизации производства предполагают активное использование методов имитационного моделирования, т.е. моделирования производственных процессов в виртуальной среде в целях оптимизации технологических параметров и устранения узких мест без необходимости проведения дорогостоящих экспериментов на реальных установках.

Цель работы – разработка и экспериментальная проверка имитационной модели, описывающей процессы дозирования и трафаретной печати, в целях повышения эффективности технологического процесса сборки электронных модулей.

Материалы и методы. В работе использована программная среда для дискретного имитационного моделирования производственных процессов Tecnomatix Plant Simulation, а также системы автоматизированного проектирования, т.е. специализированное программное обеспечение, предназначенное для создания трехмерных моделей оборудования. Были построены функциональные схемы автоматизированных установок для дозирования и трафаретной печати, включая узлы подачи материала, системы позиционирования, механизмы управления и транспортировки печатных плат. Смоделированы различные сценарии подачи паяльной пасты, параметры движения ракеля, натяжения трафарета и взаимодействия отдельных узлов оборудования. Проведен анализ временных затрат и логистических параметров.

Результаты. Разработанная модель помогла определить факторы, влияющие на качество дозирования и печати. Проведено сравнение типов дозаторов и параметров трафаретной печати, выявлены оптимальные режимы и даны рекомендации по повышению эффективности оборудования. Моделирование позволило безопасно протестировать изменения в виртуальной среде.

Таким образом, имитационное моделирование показало свою эффективность как инструмент для оптимизации операций сборки электронных модулей. Полученные данные позволяют повысить точность процессов, сократить количество дефектов и адаптировать производство под различные объемы выпуска.

Библиографический список

1. Богачек, Г. Д. Технология поверхностного монтажа / Г. Д. Богачек, И. В. Букрин, В. И. Иевлев. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2018.
2. Методы и средства имитационного моделирования при изучении технологической подготовки производства электронной техники / А. Е. Курносенко, И. В. Левин, В. О. Семенякина и др. // Цифровые технологии в инженерном образовании: новые тренды и опыт внедрения. – 2020. – С. 310 – 314.
3. Вотинцев, А. Технология печатного монтажа. Шаг за шагом... / А. Вотинцев, С. Борисенков // Электроника: Наука, технология, бизнес. – 2005. – Т. 1. – С. 48 – 55.
4. Имитационное моделирование организации производственных процессов машиностроительных предприятий в инструментальной среде Tecnomatix Plant Simulation / И. Г. Абрамова, Н. Д. Проничев, Д. А. Абрамов, Т. Н. Коротенкова. – Самара : Изд-во СГАУ, 2014.
5. Имитационное моделирование в системе Plant Simulation / И. М. Якимов и др. // Вестник Казанского технологического университета. – 2017. – 20.2. – С. 107 – 111.
6. Левин, И. В. Решения для проектирования, моделирования и оптимизации производств электронной аппаратуры / И. В. Левин, А. Е. Курносенко, Н. А. Машина // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2018. – № 1(169). – С. 26 – 32.

ПУЛЬТ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ БПЛА ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО МОНИТОРИНГА

Д. А. Матвеев, С. Ю. Потлов, Д. Е. Удалов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: matveev_daniil_22@mail.ru; sergejpotlov1@gmail.com)

В период бурного развития передовых технологий в агропромышленном секторе происходит стремительная интеграция беспилотных средств мониторинга. Благодаря широкому спектру возможностей беспилотные летательные аппараты становятся незаменимыми помощниками фермеров и сельскохозяйственных предприятий в таких аспектах, как мониторинг посевов, оценка состояния растений, контроль над эффективностью агротехнических мероприятий и др. Эффективность эксплуатации БПЛА во многом зависит от уровня управляемости и надежности оборудования. Такие устройства отличаются высоким уровнем точности, функциональности и адаптируемостью к специфическим условиям ведения сельскохозяйственной деятельности. Ключевым элементом управления являются специализированные пульты дистанционного управления (ДУ). В статье рассматривается разработка пульта управления, который предусматривает гибкость режимов управления, где для оператора появляется выбор ручного режима управления для выполнения сложных маневров вблизи объектов, а также автоматизированного, в котором выполнение заданной задачи осуществляется в автоматической навигационной системе, работающей по заранее спланированным маршрутам. Схема подключения пульта управления агродроном представлена на рис. 1.

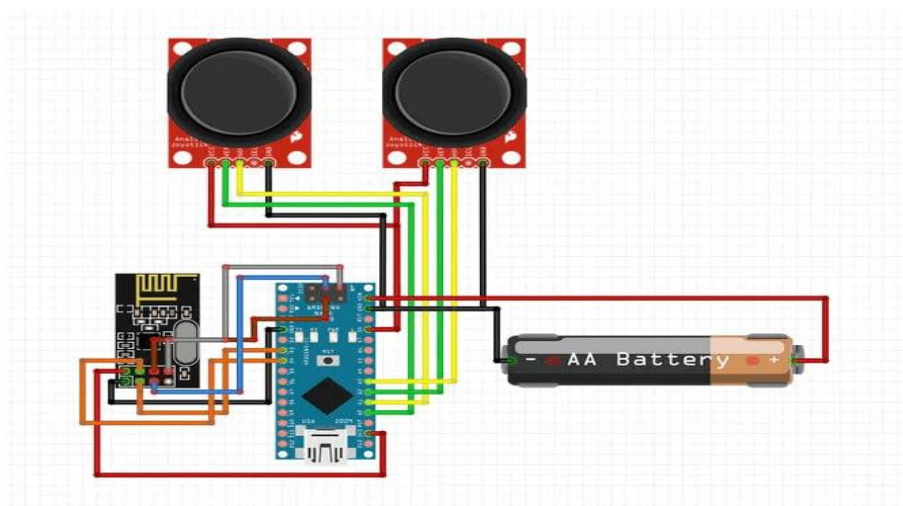


Рис. 1. Схема подключения пульта управления агродроном

Программный модуль пульта интегрирован с системой планирования маршрута полета, обработкой полученных изображений и данных от сенсоров, с функцией автоматического возврата аппарата на базу при снижении заряда аккумулятора ниже допустимого уровня.

Технические параметры прототипа пульта управления представлены в табл. 1.

1. Технические параметры пульта управления агродроном

Размеры	– 131 X 183 X 24 мм;
Аккумулятор	– Li-Ion 1500 mAh, 9 V;
Радиочастотный модуль	– NRF24L01; – Количество каналов: 126; – Частота передачи/приема: 2,4 ГГц; – Модуляция: GFSK; – Чувствительность приемника: 82 dBm; – Максимальная выходная мощность: 0 dBm; – Коэффициент усиления антенны: 2dBm; – Расстояние передачи/приема: до 100м, в помещении – до 30 м
Основа на Arduino Nano	– Рабочее напряжение: 5 В; – Напряжение питания: от 7 до 12 В; – Напряжение питания (предельное): от 6 до 20 В; – Максимальная токовая нагрузка на Вх/Вых пины: 40 мА; – Максимальная токовая нагрузка на 5 В выход: 800 мА; – Максимальная токовая нагрузка на 3,3 В выход: 180 мА; – Flash-память: 32 Кб (2 Кб занято загрузчиком); – SRAM: 2 Кб; – EEPROM: 1 Кб; – Частота работы: 16 мГц

Таким образом, разработка специализированного пульта дистанционного управления способствует повышению эффективности агроиндустрии путем снижения временных затрат на подготовку и запуск аппаратов, оптимизации расходов ресурсов и быстрой реакции на изменения условий окружающей среды.

Библиографический список

1. Чернышова, Т. И. Применение методов математического моделирования при оценке метрологической надежности блока аналого-цифрового преобразователя / Т. И. Чернышова, Р. Ю. Курносов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2017. – Т. 23, № 4. – С. 589 – 594.
2. Курносов, Р. Ю. Метрологический анализ измерительной процедуры цифровых средств измерений / Р. Ю. Курносов, Т. И. Чернышова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2023. – Т. 29, № 3. – С. 375 – 382.
3. Курносов, Р. Ю. Оценка погрешности аналого-цифрового преобразования в информационно-измерительных системах / Р. Ю. Курносов // Южно-Сибирский научный вестник. – 2020. – № 6(34). – С. 155 – 162.

ТЕСТОВАЯ КОНВЕЙЕРНАЯ ЛЕНТА НА ПЛАТФОРМЕ ESP32

Д. О. Димкович, С. Ю. Потлов, Д. Е. Удалов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: den.dimkovich@gmail.com)

Современные производственные процессы требуют высокой степени автоматизации и точности выполнения операций. Одним из ключевых элементов автоматизированных производственных линий является конвейерная лента [1 – 3]. В данной статье рассматривается разработка прототипа модульной конвейерной ленты на базе платформы ESP32 (рис. 1), который включает в себя алгоритм управления движением ленты, а также возможность подключения дополнительных модулей для расширения функциональности системы и повышения эффективности работы основной ленты [2 – 5].

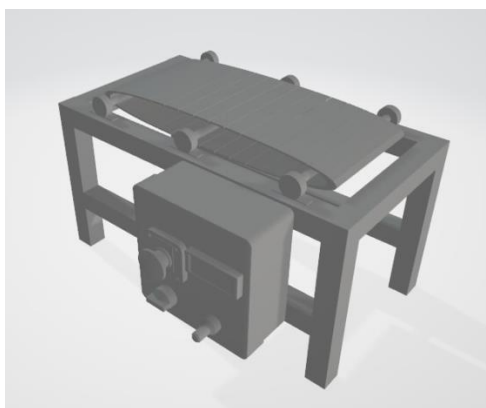


Рис. 1. 3D-модель портативной конвейерной ленты

Алгоритм управления конвейером основан на использовании датчиков положения, которые определяют текущее состояние ленты и передают информацию микроконтроллеру. На основании этих данных микроконтроллер принимает решение о необходимости перемещения ленты вперед или назад. Основные этапы алгоритма включают следующее:

1. Инициализация системы: настройка параметров драйвера двигателя и калибровка датчиков.
2. Ожидание сигнала от датчика: ожидание изменения состояния одного из датчиков.
3. Обработка сигнала: определение направления движения ленты и отправка соответствующих команд на драйвер двигателя.
4. Контроль за выполнением команды: проверка завершения операции и возврат к этапу ожидания нового сигнала.

Для расчета скорости движения ленты и времени выполнения операций были использованы следующие формулы:

– скорость движения ленты

$$v = \frac{np}{60}, \quad (1)$$

где n – частота вращения двигателя (об/мин); p – шаговый угол двигателя (градусы);

– время выполнения операции

$$t = \frac{L}{v}, \quad (2)$$

где L – длина пути, которую должна пройти лента (мм).

Таким образом, прототип конвейерной ленты на базе модуля ESP32 позволит проводить тестовые задачи, связанные не только с работоспособностью различных моделей, но и оптимизировать алгоритмы управления, тем самым повышая точность и надежность работы основного конвейера.

Библиографический список

1. Чернышова, Т. И. Применение методов математического моделирования при оценке метрологической надежности блока аналого-цифрового преобразователя / Т. И. Чернышова, Р. Ю. Курносов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2017. – Т. 23, № 4. – С. 589 – 594.
2. Курносов, Р. Ю. Метрологический анализ измерительной процедуры цифровых средств измерений / Р. Ю. Курносов, Т. И. Чернышова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2023. – Т. 29, № 3. – С. 375 – 382.
3. Курносов, Р. Ю. Оценка погрешности аналого-цифрового преобразования в информационно-измерительных системах / Р. Ю. Курносов // Южно-Сибирский научный вестник. – 2020. – № 6(34). – С. 155 – 162.
4. Курносов, Р. Ю. Оценка погрешности программно-определяемой платформы в структуре информационно-измерительных систем / Р. Ю. Курносов, Т. И. Чернышова // Южно-Сибирский научный вестник. – 2024. – № 3(55). – С. 192 – 197.
5. Курносов, Р. Ю. Метрологический анализ измерительной процедуры цифровых средств измерений / Р. Ю. Курносов, Т. И. Чернышова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2023. – Т. 29, № 3. – С. 375 – 382.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

К. П. Турищев, А. И. Казьмин

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени проф. Н. Е. Жуковского
и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия
(e-mail: Kyrillturishev@yandex.ru)

Развитие отечественных систем связи и их цифровизация, а также необходимость передачи файлов получили широкий отклик в силовых структурах государства. Это положительно сказывается как на скорости принятия решения, так и на его качестве.

Отдельно стоит рассмотреть создание отечественной боевой информационной системы обмена данными, включающей в себя и авиационную компоненту.

Система обмена данными в современной боевой авиации представляет собой сложный комплекс технологий, позволяющий различным типам летательных аппаратов взаимодействовать между собой [1].

Текущая ситуация показывает, что разнотипные боевые самолеты, находящиеся на вооружении, могут обмениваться информацией, однако этот процесс существенно ограничен. Особенно это касается передачи полного объема данных целеуказания, что обусловлено частичной совместимостью систем связи, разработанных в разные годы [2].

Решением данной проблемы в настоящее время стала объединенная система связи, обмена данными, навигации и опознавания (ОСНОД), разрабатываемая в интересах Вооруженных сил Российской Федерации и представляющая собой комплексную платформу для интеграции различных видов связи и управления в боевой авиации [3].

Особенностью данной системы является ее интероперабельность со всеми структурными элементами летательного аппарата и передача информации, получаемой от них, на наземный терминал [4].

Форм-фактор узлов и блоков системы ОСНОД выполнен в соответствии с требованиями, предъявляемыми к авиационному приборостроению, что позволяет устанавливать их во все самолеты и вертолеты, проходящие модернизацию.

Таким образом, можно утверждать о скором появлении единого информационного пространства, в котором будут отображаться все компоненты, участвующие в боевых действиях. Это позволит обеспечивать лиц, принимающих решения, информацией в режиме реального времени и, что немаловажно, производить ее анализ путем комплексирования разнородных источников [5].

Качество принимаемых решений, а также скорость их принятия позволит выполнять поставленные задачи в установленные сроки, при этом существенно экономится ресурс технических средств (летательных аппаратов).

Библиографический список

1. Иванов, М. С. Повышение пропускной способности объединенной воздушно-космической сети связи. Ч. 1. Модели и методика повышения пропускной способности объединенной сети связи на основе использования MESH-технологии / М. С. Иванов, А. В. Аганесов, С. И. Макаренко // Системы управления, связи и безопасности. – 2022. – № 3. – С. 183 – 259.

2. Иванов, М. С. Методика повышения скорости передачи данных в сети воздушной радиосвязи управления летательными аппаратами за счет адаптивного распределения сетевого частотно-временного ресурса с учетом интенсивности передаваемого трафика / М. С. Иванов, А. В. Пономарев, С. И. Макаренко // Системы управления, связи и безопасности. – 2022. – № 1. – С. 104 – 139.

3. Тишков, В. В. Обоснование облика построения перспективных комплексов и средств связи на основе опыта организации связи при проведении специальной военной операции / В. В. Тишков, В. Г. Иванов, В. Н. Лукьянчик // Военная Мысль. – 2023. – № 9. – С. 59 – 72.

4. Радиоэлектронные системы управления / под ред. А. В. Аврамова. – Иркутск : ИВАИИ, 2001. – 84 с.

5. Анфилатов, В. С. Теоретические основы автоматизации управления войсками и связью. Ч. 1. Системные основы автоматизации управления войсками и связью : учебное пособие / В. С. Анфилатов, В. С. Авраменко, О. И. Пантюхин. – СПб. : ВАС, 2014. – 312 с.

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ СТИЛЯ ВОЖДЕНИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

В. И. Черенков, В. С. Иванов

МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Россия
(e-mail: cherenkov@mirea.ru)

Введение. Одним из ключевых факторов, характеризующих безопасность и качество обслуживания пассажирских перевозок, является стиль вождения водителей общественного транспорта [1]. На данный момент в обществе существует проблема противоречия между большим объемом перевозок транспортными средствами, что подтверждается статистикой Росстата по пассажирским перевозкам за 2024 год [2] и несоблюдением водителями общественного транспорта требований, предъявляемых к стилю вождения. Данные по видам транспорта сведены в табл. 1.

1. Перевозки пассажиров по видам транспорта за 2024 г.

Вид транспорта	Количество человек
Железнодорожный	1295,0344 миллион человек
Автобусный	8957,691 миллион человек

Вследствие чего происходят бесконтактные ДТП [3], что приводит к угрозам для жизни и здоровья пассажиров. Судебная практика Верховного суда Российской Федерации [4] показывает, что ответчик, в лице организатора перевозок, оказывается виновным.

Важным становится вопрос разработки устройства, контролирующего параметры стиля вождения, такие как: продольные и поперечные уровни ускорения для своевременной фиксации и предупреждения нарушений водителей, которые приводят к угрозе для жизни и здоровья пассажиров.

Предлагаемое решение. На основе полученных данных были разработаны аппаратная и программная части.

Одной из ключевых составляющих аппаратной части является структурная схема устройства, представленная на рис. 1.

Поскольку устройство предназначено для установки на различные виды общественного транспорта, предполагается, что питание осуществляется от бортовой сети транспортного средства.

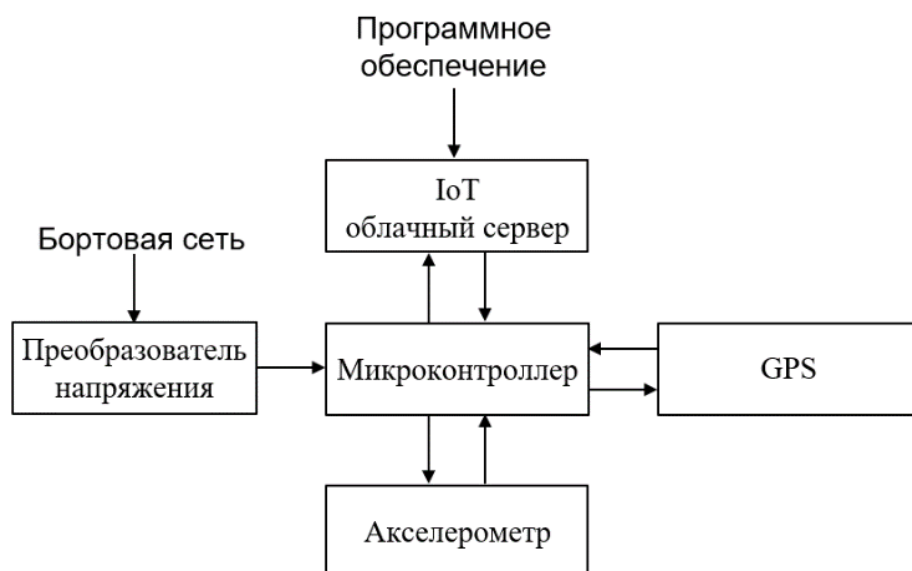


Рис. 1. Структурная схема устройства

Стоит учитывать, что в зависимости от транспортного средства изменяется бортовое напряжение питания. Это обуславливает необходимость применения понижающего преобразователя напряжения, снижающего входное напряжение до рабочего уровня микроконтроллера.

Микроконтроллер выполняет как управляющую функцию, так и осуществляет сбор данных с подключенных датчиков: GPS-модуля и акселерометра. Проводит предварительную обработку и анализ полученных данных, после чего передает информацию на IoT облачный сервер.

Библиографический список

1. Черенков, В. И. Анализ современных технологий контроля стиля вождения водителей и машинистов общественного транспорта / В. И. Черенков, В. С. Иванов // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии : сб. тр. XXI Междунар. науч.-практ. конф., Сочи, 01–10 октября 2024 года. – М. : Ассоциация выпускников и сотрудников ВВИА им. проф. Жуковского, 2024. – С. 302 – 306.

2. Росстат – Транспорт // Федеральная служба государственной статистики : [сайт]. – 2025 – URL : <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport> (дата обращения: 20.04.2025).

3. Бесконтактное ДТП: все нюансы оформления в 2025 // Амулекс – консультация юриста онлайн от федерального сервиса 24x7 : [сайт]. – 2025 – URL : <https://amulex.ru/daily/avtomobilnoe-pravo/beskontaktное-dtp-ne21fb0v/> (дата обращения: 21.04.2025).

4. Обзоры судебной практики – Верховный Суд Российской Федерации // Верховный Суд Российской Федерации : [сайт]. – 2025 – URL : <https://www.vsrfr.ru/documents/practice/> (дата обращения: 21.04.2025).

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

В. Р. Шнейдмиллер

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С. П. Королева, Самара, Россия
(e-mail: frostsrost252@mail.ru)

С учетом задач по повышению срока активного существования современных космических аппаратов (КА) современные инженеры различными способами повышают отказоустойчивость и сбоеустойчивость как отдельных систем, так и всего околоземного КА в целом [1, 2]. Помимо классических методов дополнительного резервирования, подробных расчетов и прогнозов по безотказной работе системы, появляются новые способы – использование ресурсов смежных систем.

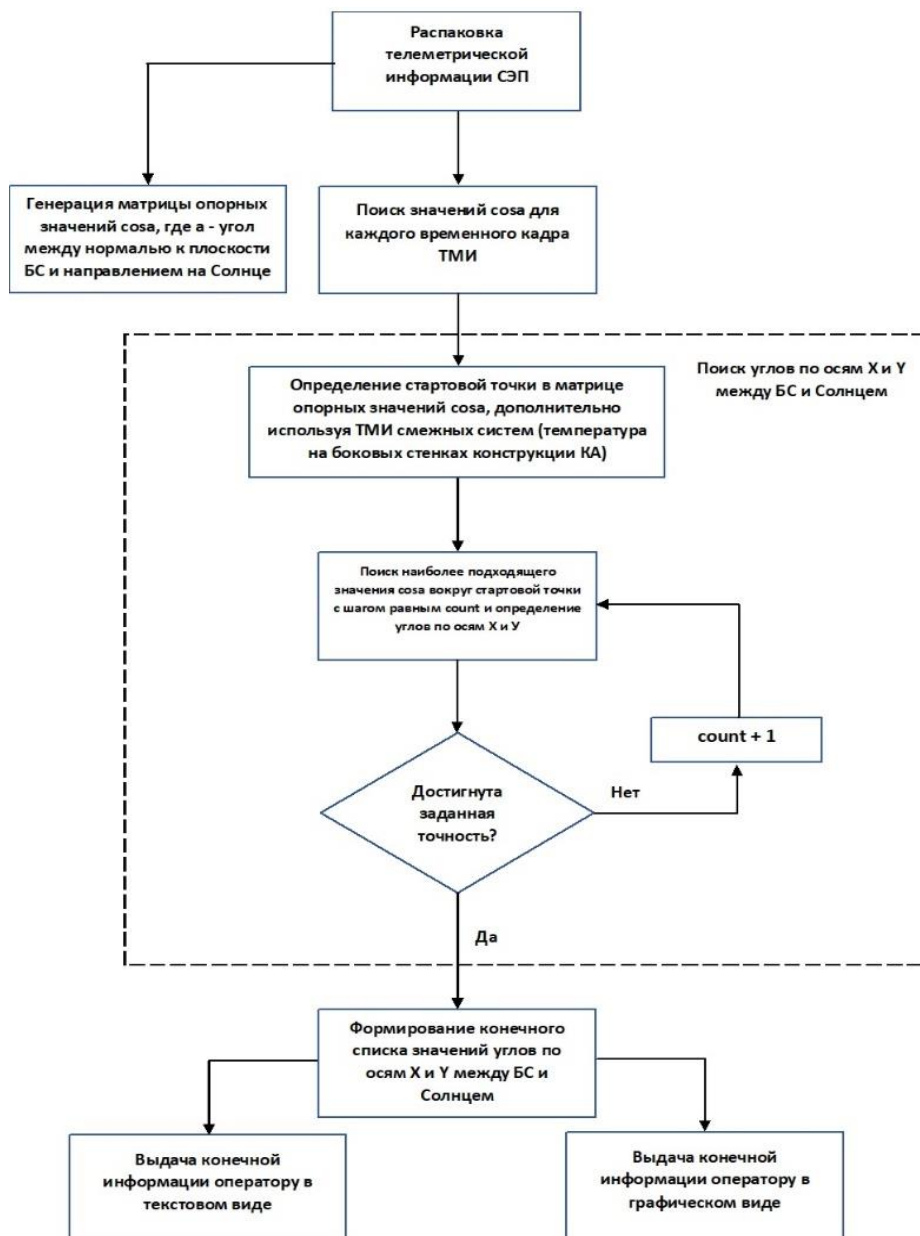


Рис. 1. Алгоритм программы по определению углов по осям X и Y между Солнцем и БС

При отказе основной и резервной системы определения пространственного положения по звездам КА перестает ориентировать на Солнце батареей солнечной (БС), что влечет за собой отсутствие энергобаланса (мощность, потребляемая меньше мощности, генерируемой на БС). КА переходит в режим неориентированного полета, после чего емкость аккумулятора(ов) снижается до критического значения, после которого можно безвозвратно потерять КА. Для того, чтобы увеличить время жизни КА, пока инженерный состав решает проблему с основной системой определения координат в пространстве КА, можно использовать данные телеметрии СЭП, с помощью которых определить пространственное положение КА и построить необходимую программу по выдаче импульсных воздействий на КА для последующей ориентации его БС на Солнце.

Программное обеспечение для определения пространственного положения КА относительно Солнца предлагается написать на языке программирования Python. Алгоритм работы программы изображен на рис. 1.

Данное программное обеспечение позволит оператору определить характер движения КА в пространстве, с помощью этих данных задать необходимые импульсные воздействия на КА, чтобы ориентировать его панелями БС на Солнце для восстановления энергобаланса и увеличения времени на исправление проблем с основной системой определения координат КА в пространстве.

Библиографический список

1. Гуртов. А. С. Способы повышения живучести систем электропитания космических аппаратов дистанционного зондирования Земли / А. С. Гуртов, Е. А. Данов, В. Р. Шнейдмиллер // Актуальные проблемы ракетно-космической техники (VII Козловские чтения). – Самара : Изд-во СамНЦ РАН, 2021. – С. 84 – 86.
2. Черкесов, Г. Н. Живучесть и отказобезопасность ответственных технических систем / Г. Н. Черкесов // Проектирование и технология электронных средств. – 2015. – № 1. – С. 15 – 24.

РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРИЕМА ПОТОКОВОГО ВИДЕОВЕЩАНИЯ

В. К. Ведерников, Е. Н. Мизев, М. А. Булютин

Межвидовой центр подготовки и боевого применения войск РЭБ
(учебный и испытательный), Тамбов, Россия
(e-mail: nauchnajarota@yandex.ru)

Одной из ключевых особенностей современных технических устройств является передача видеопотока в режиме реального времени. Однако качество и стабильность такого видеовещания критически зависят от используемых радиотехнических систем, которые часто сталкиваются с проблемами помех, задержек и ограниченной пропускной способности каналов связи. Поэтому разра-

ботка радиотехнического комплекса, обеспечивающего прием и обработку потокового видео, представляет собой актуальную задачу.

Радиотехнический комплекс предназначен для приема потокового видеовещания с различных технических устройств. Основной целью данного исследования является создание программно-аппаратного обеспечения, предназначенного для приема и декодирования видеопотоков с технических устройств, обеспечивающего минимальную задержку, высокую надежность и адаптацию к переменным параметрам радиоканала, кроме того, система должна быть совместима с различными типами оборудования и поддерживать интеграцию со станциями управления.

На рисунке 1 представлена модульная структура радиотехнического комплекса.

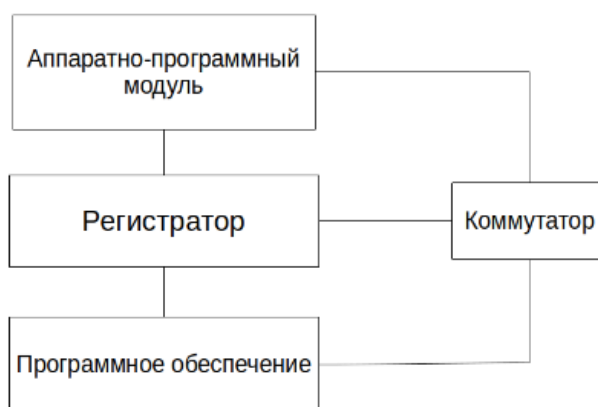


Рис. 1. Модульная структура радиотехнического комплекса

Радиотехнический комплекс состоит из следующих блоков:

1. Аппаратно-программный модуль – необходим для обнаружения видеопотока в заданном диапазоне.
2. Регистратор – применяется для разбора принятого видеопотока.
3. Программное обеспечение – используется для отображения принятого видеопотока и управления радиотехническим комплексом.
4. Коммутатор – необходим для организации сетевого взаимодействия всех модулей.

Основной процесс работы заключается в настройке пользователем необходимого диапазона частоты сканирования через графический интерфейс, передаче по общей сети параметров работы аппаратно-программному модулю, приему найденных и разобранных видеоданных на экране пользователя.

В качестве вычислительного блока применяется микроконтроллер STM32F401. Для организации взаимодействия микроконтроллера с внешними устройствами применяется микросхема W5500 входящая в состав модуля WizNet5500 Lite. Блок обнаружения видео состоит из 4 микросхем max7456 с необходимой для ее функционирования обвязкой. Питающее напряжение для работы устройства и приемники радиосигнала подключаются через специализированные разъемы.

На рисунке 2 представлена принципиальная схема сетевого и вычислительного блока.

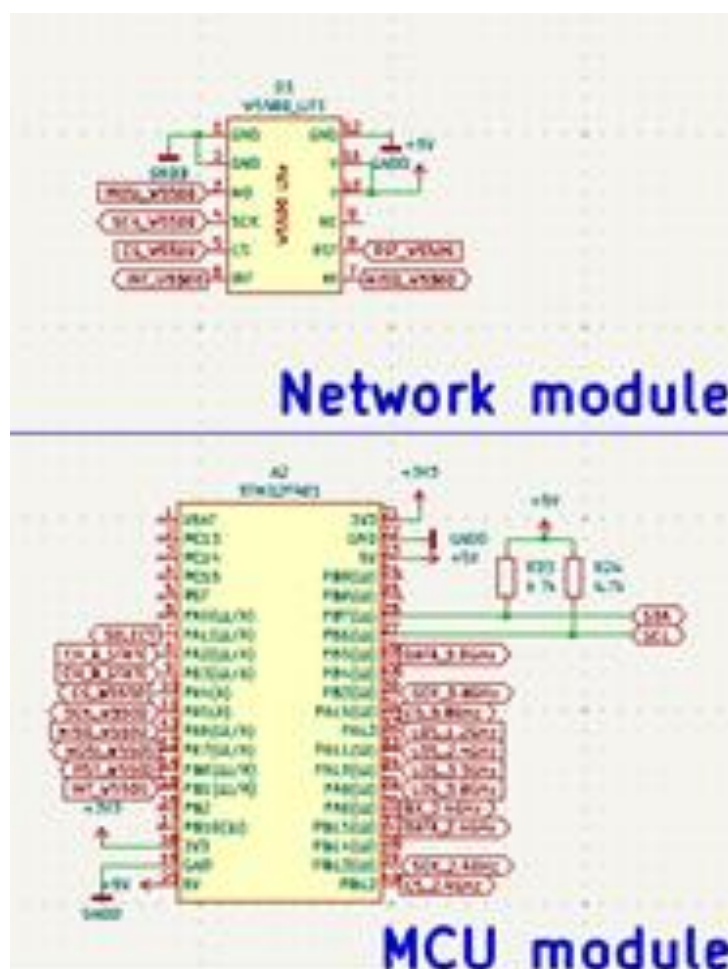


Рис. 2. Принципиальная схема сетевого и вычислительного блока

В статье представлена общая структура радиотехнического комплекса. Он отличается от аналогов наличием широкого диапазона сканирования с минимальными задержками при поиске и передаче видеопотока, что делает его наиболее универсальным и эффективным при встраивании его в системы, для которых необходима работа с видеопотоком в реальном времени.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАРАБОТКИ ДО ОТКАЗА РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

А. В. Долматов, С. Х. Фам, Р. М. Увайсов

МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Россия
(e-mail: dolmatov@mirea.ru)

В данной работе проводятся исследования по прогнозированию наработки на отказ радиоэлектронных средств (РЭС) с длительным сроком активного существования с учетом:

- фактических температур электрорадиоэлементов РЭС и элементов конструкции;

- изменения значений электрических и теплофизических параметров РЭС, обусловленных фактором старения;
- разброса параметров в пределах технологических допусков.

В процессе эксплуатации радиоэлектронные средства (РЭС) подвергаются воздействию внешних возмущающих факторов (климатических, механических и др.), которые вызывают изменение внутренних параметров (электрических, теплофизических, физико-механических) и, следовательно, отклонение выходных электрических характеристик РЭС от своих номинальных значений.

Комплексное воздействие внешних факторов может привести к частичной или полной потере работоспособности РЭС вследствие выхода значения выходной характеристики за пределы допуска, заданного в техническом задании. Наиболее критично это для РЭС с длительным сроком активного существования (20 – 25 лет). Поэтому при разработке таких РЭС необходимо обеспечить нахождение значений выходных характеристик в пределах допусков в течение всего срока эксплуатации и подтвердить это в процессе испытаний.

Физические нормальные испытания не позволяют реализовать проверку соответствия требованиям надежности из-за необходимости длительных испытаний, а проведение ускоренных испытаний связано с проблемами при определении условий испытаний и трудностями перевода результатов ускоренных испытаний на реальный режим эксплуатации. Поэтому проведение виртуальных испытаний, основанных на моделировании электрических, тепловых, механических и других процессов в РЭС и расчете показателей надежности, является единственным эффективным способом определения соответствия требованиям надежности [1].

Изменение выходной характеристики y с течением времени эксплуатации РЭС можно представить в виде, изображенном на рис. 1. Виртуальные испытания позволяют определить в любой момент времени эксплуатации границы диапазона $[y^{\min}, y^{\max}]$, в пределах которого может находиться фактическое значение выходной характеристики y . Границы этого диапазона $y^{\min}, y^{\max}$, в основном, зависят от следующих факторов:

- технологического – связан с разбросом в пределах технологического допуска δ_q , электрических, теплофизических, геометрических и других параметров РЭС;
- температурного – связан с отклонением параметров с учетом фактического температурного поля конструкции РЭС;
- временного – связанного со старением материалов ЭРЭ и конструкции РЭС-коэффициента и коэффициента старения параметров ЭРЭ и материалов конструкции, фактической температуры ЭРЭ и коэффициента старения параметров.

Таким образом, моделируя изменение выходной характеристики с течением времени с учетом влияния различных внешних факторов можно спрогнозировать диапазон времени от $t_{\min}$ до $t_{\max}$, в пределах которого будет лежать наработка до отказа РЭС.

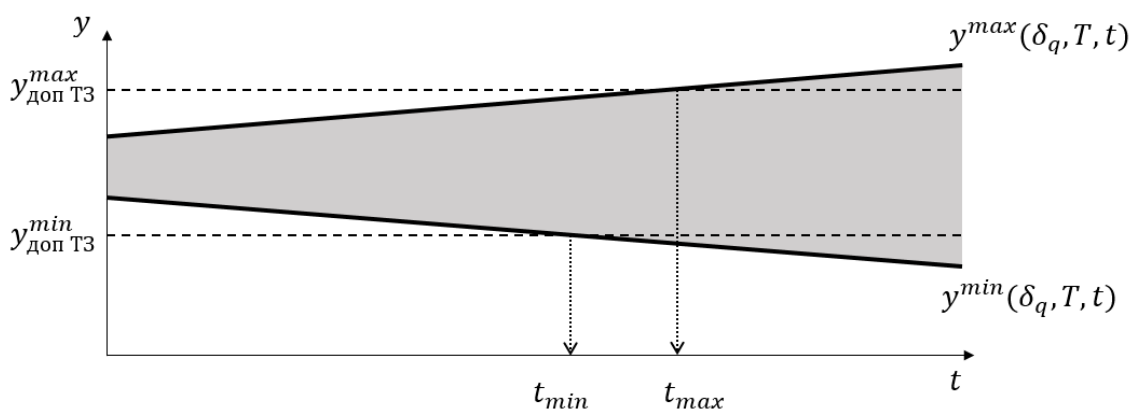


Рис. 1. Разброс выходной характеристики y с учетом технологического допуска на параметры δ_q , фактической температуры ЭРЭ T и времени эксплуатации t

Библиографический список

1. Фам, С. Х. Виртуальные климатические испытания электронных средств / С. Х. Фам, А. В. Долматов, Р. М. Увайсов // Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем («Радиоинфоком-2024») : сб. науч. ст. по материалам VIII Междунар. науч.-практ. конф. – Москва, 2024. – С. 647 – 650.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОМ СЕКТОРЕ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Б. Ж. Женишбеков, Б. Т. Каримов

Кыргызский государственный технический университет имени И. Раззакова,
Бишкек, Кыргызская Республика
(e-mail: jeybibro@gmail.com, b.karimov@kstu.kg)

Стабильная и безопасная работа телекоммуникационных систем является основой функционирования цифровых сервисов, электронного правительства и мобильных операторов. В условиях роста количества киберугроз, атак на инфраструктуру и повышения требований к надежности оборудования, электронные компоненты систем безопасности становятся неотъемлемой частью стратегического развития отрасли. Для Кыргызстана, с его горной географией, неравномерной цифровой доступностью и экономическими вызовами, вопрос выбора и внедрения эффективных решений стоит особенно остро.

Электронные компоненты в телекоммуникационной безопасности в Кыргызстане. Современные системы телекоммуникационной безопасности в Кыргызстане включают разнообразные электронные компоненты, которые обеспечивают устойчивость и защищенность сетевой инфраструктуры. В условиях быстро развивающейся цифровой экономики и роста угроз, важно применять комплексные решения, включающие следующие ключевые компоненты.

Сенсоры окружающей среды. Эти устройства играют критическую роль в мониторинге физических условий в телекоммуникационных объектах. Например, сенсоры температуры и влажности могут предотвратить повреждения оборудования в случае перегрева или утечек воды. В условиях горных районов Кыргызстана, где погодные условия могут резко меняться, такие сенсоры помогают предотвратить потенциальные аварии.

Камеры видеонаблюдения. Видеонаблюдение является неотъемлемой частью системы безопасности. В Кыргызстане видеокамеры используются для наблюдения за важными объектами, такими как телекоммуникационные станции и центры обработки данных. Современные камеры обеспечивают высокое качество видеоизображений, включая ночное видение, что делает их эффективными в любых условиях освещенности.

Системы контроля доступа (СКУД). Системы контроля доступа обеспечивают физическую защиту объектов, контролируя, кто и когда может войти в охраняемые зоны. В условиях Кыргызстана, где многие телекоммуникационные объекты расположены в удаленных районах, важность таких систем возрастает.

Проблемы и вызовы в области телекоммуникационной безопасности в Кыргызстане. Несмотря на достижения, в Кыргызстане существует несколько проблем и вызовов, с которыми сталкиваются предприятия и организации, работающие в области телекоммуникационной безопасности.

Недостаток высококвалифицированных специалистов в области телекоммуникационной безопасности затрудняет эффективное внедрение и эксплуатацию современных систем безопасности. Это особенно актуально в удаленных районах, где привлечение специалистов может быть проблематичным.

Множество организаций в Кыргызстане сталкивается с финансовыми трудностями при внедрении сложных и дорогих решений в области безопасности. Хотя видеонаблюдение и системы контроля доступа широко распространены, более сложные решения, такие как криптографическая защита и ИИ-аналитика, остаются в пределах возможностей лишь крупных компаний.

Многие телекоммуникационные объекты в Кыргызстане все еще используют устаревшие системы, которые не могут быть интегрированы с новыми решениями безопасности. Это затрудняет модернизацию и повышение уровня защиты.

Библиографический список

1. Буйдинов, Е. В. Методика и результаты оценки внешней эффективности развития инфраструктуры спутниковой связи на основе метода экстерналий / Е. В. Буйдинов, Т. А. Кузовкова, О. А. Шарова // *Электросвязь*. – 2018. – № 4. – С. 29 – 33.
2. Пехтерев, С. Энциклопедия StarLink / С. // Пехтерев CommNews [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.comnews.ru/content/209438/2020-10-07/2020-w41/enciklopediya-starlink> (дата доступа: 14.09.2022).
3. Хабр [Электронный ресурс]. – URL : <https://habr.com/ru/post/526154/> (дата доступа: 14.09.2022).

ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ В МОБИЛЬНОЙ СЕТИ С УПРАВЛЯЕМОЙ ТОПОЛОГИЕЙ

У. Э. Эриков, Р. Б. Бакытов

Кыргызский государственный технический университет имени И. Раззакова,
Бишкек, Кыргызская Республика
(e-mail: erikov0707@gmail.com, r.bakytov@kstu.kg)

Кыргызстан, с его разнообразным рельефом и значительными различиями в плотности населения между регионами, представляет собой уникальную среду для внедрения и развития мобильных сетей с управляемой топологией. Горные районы, отдаленные населенные пункты и ограниченные ресурсы традиционной инфраструктуры требуют инновационных подходов к организации сетевого покрытия и обеспечению качественной связи.

Теоретические основы управляемой топологии в мобильных сетях. Управляемая топология представляет собой динамическую структуру сети, способную адаптироваться к изменяющимся условиям эксплуатации и требованиям пользователей. Это достигается за счет применения методов динамической маршрутизации, балансировки нагрузки и масштабирования сетевых ресурсов.

Анализ текущего состояния мобильных сетей в Кыргызстане. В последние годы мобильные сети Кыргызстана демонстрируют значительный прогресс, обусловленный активными инвестициями операторов в инфраструктуру и стремлением обеспечить качественную связь даже в самых отдаленных регионах страны. На рынке мобильной связи доминируют три основных оператора: О! Beeline и Megacom, каждый из которых вносит свой вклад в развитие телекоммуникационной инфраструктуры.

Применение управляемой топологии в мобильных сетях Кыргызстана. В последние годы мобильные операторы Кыргызстана активно внедряют концепцию управляемой топологии в своих сетях, стремясь повысить эффективность передачи данных и улучшить качество обслуживания пользователей. Эта стратегия особенно актуальна в условиях сложного горного рельефа и неравномерного распределения населения, что требует от операторов гибкости и адаптивности в управлении сетевой инфраструктурой.

Оператор О! (Nur Telecom) активно развивает свою сеть, внедряя элементы управляемой топологии. Компания фокусируется на динамическом распределении нагрузки между базовыми станциями, что позволяет оптимизировать использование ресурсов и улучшить качество связи в условиях высокой плотности трафика.

Beeline (Sky Mobile) также делает акцент на модернизации своей сети с использованием принципов управляемой топологии. Компания активно расширяет покрытие в регионах с низкой плотностью населения, устанавливая дополнительные базовые станции и оптимизируя существующую инфраструктуру. Это позволяет обеспечить более стабильное и качественное соединение для пользователей в отдаленных районах страны.

Megacom (Alfa Telecom) внедряет элементы управляемой топологии, направленные на улучшение качества связи и оптимизацию использования ресурсов. Компания активно модернизирует свою сеть, устанавливая новые базовые станции и улучшая существующую инфраструктуру. Это позволяет обеспечить более стабильное и качественное соединение для пользователей в различных регионах страны.

Таким образом, внедрение управляемой топологии в мобильные сети Кыргызстана способствует повышению эффективности передачи данных, улучшению качества обслуживания пользователей и оптимизации использования сетевых ресурсов. Операторы связи продолжают инвестировать в развитие своих сетей, что способствует дальнейшему улучшению телекоммуникационной инфраструктуры страны.

Библиографический список

1. Kyrgyzstan: Freedom on the Net 2024 // Freedom House [Электронный ресурс]. – URL : <https://freedomhouse.org/country/kyrgyzstan/freedom-net/2024> (дата доступа: 13.04.2025).
2. Kyrgyzstan Wireless Frequency Bands and Carriers [Электронный ресурс] // FrequencyCheck.com. – URL : <https://www.frequencycheck.com/countries/kyrgyzstan> (дата доступа: 18.04.2025).
3. Mobile Operators in Kyrgyzstan // Arara Tour [Электронный ресурс]. – URL : <https://araratour.com/en/kyrgyzstan-mobile-operators> (дата доступа: 23.04.2025).

Секция 3

МЕДИЦИНСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

О МЕХАНИЗМАХ ПРИЕМА ВНЕШНЕГО ФИЗИЧЕСКОГО СИГНАЛА В РЕЖИМЕ НОРМАЛИЗАЦИИ РИТМА СЕРДЦА

А. А. Кузнецов

Владимирский филиал Приволжского исследовательского
медицинского университета, Владимир, Россия
(e-mail: artemi-k@mail.ru)

Пусть внешний материальный сигнал любой природы проходит через сенсорные датчики организма человека, которые, как известно, хоть и работают автономно, но по второму принципу – принципу пространственного кодирования связаны путями передачи генераторного потенциала. Поглощаемый сигнал может быть передан разными путями в организме человека. В этом смысле сама передача сигнала становится универсальной. Никто не отменял и первого принципа частотного кодирования, утверждающего, что кодируется материальное – энергия (амплитуда сигнала) в интервалы времени частотных разрядов, а длительность и характерные периоды (фазовый спектр) проходят через «кодирующие устройства» без изменений. Процедура пространственного и первой части частотного кодирования показывает отделение амплитуды от фазы в текущем режиме и конвертирование амплитуды в фазу в дискретном режиме. Совместная работа обоих принципов приводит к некоторым вполне воспринимаемым выводам:

1. При переходе от материального поля – активного по отношению к распространению физического сигнала, к пси-полю – пассивному к энергетическим характеристикам сигнала могут возникать эффекты искажений и полной отмены классических законов физики. Носителем материального поля является вакуум, носителем пси-поля – эфир. Сосуществуют пассивно носители материального поля и пси-поля: вакуум и эфир, соответственно. Материальное поле характеризуется энергией, пси-поле – фазой (ритмом);

2. Материальное поле меняет природу при переходе внешняя среда–мозг (от сигнала любой природы – до разрядного генераторного потенциала), пси-поле при таком переходе не меняет ни природу, ни характеристики;

3. Спектр энергетический непрерывный заменяется дискретным, фазовый спектр, являясь отражением спектрального ритма внешней среды, не меняется в собственных пределах и сосуществует со спектром частотных разрядов кодирования генераторного потенциала;

4. Эфир имеет одинаковые свойства вне организма и в организме, а потому «липок» и сосуществует одинаково и вне зависимости от действий принципов кодирования, однако принципы выделяют его необходимость.

Ранее было установлено, что параметрическая реакция нормального распределения ритмограмм на резкое изменение условий выхода из комбинированного функционального состояния имеет характер частотной «подстройки» с длинноволновым автоколебательным механизмом поиска оптимального пути нормализации ритма [1]. Для здоровых людей наиболее чувствительными, формирующими процесс параметрами функции нормального распределения значений $R-R$ интервалов на ритмограмме становятся коэффициенты асимметрии A , эксцесса E [1]. Итак, результат, механизм и параметры подстройки самого процесса – это самонастройка процесса ритма сердца по интервалу ультранизких частот (ULF) около-нулевого диапазона. Это может означать только одно: фазовая составляющая ритма сердца имеет абсолютно широкий частотный диапазон пределов регуляций: выше HF – внутрисердечная, ниже HF – внесердечная парасимпатическая, HF – LF – внесердечная симпатическая, ниже и около LF – дыхательная, LF – VLF – системная органоидов, ниже и около VLF – системная кругов кровообращения, ULF – внешняя. Любая из «частотных настроек» резонирует с соответственной (в частности, соизмеримой) собственной частотой волнового пакета.

Библиографический список

1. Кузнецов, А. А. Переходный режим нормализации ритма сердца / А. А. Кузнецов // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : сб. тр. Восьмой Всерос. науч.-практ. конф. с международным участием для студентов, молодых ученых и специалистов, посвященная 65-летию основанию Вуза и 30-летию преобразования в университет, 10 мая 2023 г. . – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ».. – 2023. – С. 276–277.

ТРЕБОВАНИЯ К ПРИБОРАМ РЕГИСТРАЦИИ РИТМОГРАММ ЛЮДЕЙ, БОЛЬНЫХ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ СЕРДЦА

А. А. Кузнецов

Владимирский филиал Приволжского исследовательского
медицинского университета, Владимир, Россия
(e-mail: artemi-k@mail.ru)

Основной и первой задачей исследования естественного открытого процесса является определение статистического закона распределения управляющих параметров этого процесса, или какому закону распределения этот процесс подчиняется. Генерация случайных чисел «на выходе» выдает (или не выдает) форму распределения, с известной функцией для бесконечного ряда чисел генерации. Эта функция и есть функция нормы, или та «печка, от которой следует танцевать». Если этого не происходит, то исследователям можно только посочувствовать, так как ничего хорошего в конце исследования (да и в начале)

их не ожидает. Но и это не все. «Сборку» распределения можно проводить разными путями. Возникает резонный вопрос: как проводить генерацию? Встроенная программа Excel имеет такие возможности, как генерация случайных чисел по наперед заданным параметрам распределения. Например, нормальное распределение ей удастся отстроить по заданному среднему значению и стандартному отклонению приблизительно на $n = 1000$ чисел. Коэффициент корреляции функции нормального распределения для бесконечного числа n и функцией экспериментального полигона быстро набирается и для конечного ряда чисел равного 1000, составляет $r = 0,93$ и далее с ростом n растет замедленно. Так на $n = 1200$ он приближается к 0,95. Но в этих размерах на некоторых экспериментальных ритмограммах, подчиняющихся нормальному закону распределения, он приближается к функции Гаусса очень близко с $r = 0,99$. Конечно, при проектировании генераторов и медицинских приборов регистраций ЭКГ возникают подобные и весьма актуальные вопросы.

Используя синтезированные цифровые ряды показателей ритма сердца серийных записей электрокардиограмм с выделением фазовой компоненты, получили возможность проверки их наличия, природы, признаков. Определено, что синтезированные ритмограммы здоровых молодых людей [1] определяют инфраничные ритмы с характерными спектральными максимумами. Обращает внимание нормальный закон распределения и увеличение диапазона *ULF*. Первый лишь подтвердил нормализацию ритма сердца конечных 20-минутных записей, а второй озадачил тем, что зафиксировал наличие и рост вклада со стороны *ULF*. Ранее полагалось, что спектральные максимумы на около-нулевых частотах являются результатом технологических ошибок, связанных с конечностью ряда.

В прошлом исследовании [2] автор обращал внимание на эффективное использование системного процесса ритма сердца в качестве фазового датчика частотных характеристик внешних факторов влияния из-за возможности достоверного выделения циклических компонент в диапазоне *ULF*. Но теперь оказалось возможным посуточное сопоставление работы механизма нормализации ритмограмм. Первое что обнаружено для здоровых людей – экспоненциальный рост плотности мощности на записи с шагом в сутки. Кроме того, была обнаружена «подсказка» на увеличение записи для больных людей. Первая же запись человека, страдающего ишемической болезнью при записи $n = 5000$ отсчетов (около 1,5 часов лежа и расслаблено), показала сильное падение спектрального вклада в диапазоне *ULF*. Иными словами, при ишемической болезни сердца требуется запись ЭКГ не менее 5000 отсчетов при частоте дискретизации 1 мс. Было также обнаружено, что сердце теряет связь с фоновой фазовой компонентой внешнего информационного влияния постепенно: сначала «срываясь» в биения, а затем полностью исчезая из диапазона *ULF*, при этом сильно возрастает (от нулевых значений) вклад парасимпатического влияния (около 0,1...0,5 Гц) с формой биений.

Библиографический список

1. Кузнецов, А. А. Биофизика сердца. Методы обработки и анализа электрокардиографической информации при донозологических исследованиях : учебное пособие / А. А. Кузнецов. – Владимир : Изд-во ВлГУ. – 2012. – 237 с.
2. Кузнецов, А. А. Параметрическое исследование циркадианных ритмов / А. А. Кузнецов // Радиоэлектроника. Проблемы перспективы развития : сб. тр. IX Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием для студентов, молодых ученых и специалистов, посвященная «Дню радио и связи», Тамбов, 7 мая 2024 г. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ». – С. 224 – 226.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ В МЕЗОТЕРАПИИ

А. В. Негуляева

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: bmt@tstu.ru)

Косметология и медицина всегда искали способы неинвазивного проникновения медикаментов в более глубокие слои кожи [1 – 5]. В последние годы набирают обороты методики безинъекционной мезотерапии, суть которых заключается в том, что необходимые коже вещества вводятся в дерму через липидный барьер кожи при помощи аппаратного воздействия. Основное различие методик заключается лишь в способе аппаратного воздействия на кожу. Эффект при безинъекционной мезотерапии достигается за счет действия введенных препаратов, а также за счет аппаратной стимуляции регенеративных процессов во время проведения процедуры. Процедура обеспечивает интенсивное воздействие на кожу. Процедура мезотерапии практически безболезненна и обычно не вызывает серьезных болей или дискомфорта.

Мезотерапия без проколов включает в себя несколько методик проведения: электропорация; ионофорез; оксимезотерапия; фонофорез; фотофорез; барофорез.

Основная задача данных процедур – глубокое проникновение веществ в эпидермис. Каждый из видов отличается: по способу воздействия; эффективности доставки веществ; глубиной проникновения; требованиями к препаратам, которые необходимо ввести.

На первом месте по эффективности доставки активных веществ через липидный барьер находится метод электропорации – физиотерапевтической процедуры с применением моделированного электроимпульсного тока, способного открывать каналы клеточной мембраны на некоторый период времени.

Ионофорез представляет собой процесс миграции заряженных ионов под действием постоянного гальванического тока малой силы и низкого напряжения.

Еще один популярный метод безинъекционной мезотерапии – оксимезотерапия – введение в глубокие слои кожи низкомолекулярных активных препаратов при помощи давления кислорода.

Ультрафонофорез (фонофорез) представляет собой метод сочетания лечебного эффекта от применения ультразвука и лекарственного вещества, нанесенного на кожу.

Ввести косметические препараты в глубокие слои кожи можно также с помощью воздействия атермического (низкоинтенсивного) лазерного излучения (НИЛИ). Такой метод получил название «фотофорез». В качестве источника светового излучения применяются терапевтические лазеры красного и ближнего инфракрасного спектра.

Не так давно на российском рынке появились аппараты для барофореза, в которых активные вещества вводятся в кожу благодаря сверхзвуковой скорости струи воздуха и высокоскоростному потоку микронизированных капель раствора, подающегося на кожу под давлением.

Мезотерапия – это инновационная процедура, которая пользуется большой популярностью в области косметологии и лечения различных кожных проблем. Она позволяет использовать уникальные препараты, содержащие питательные вещества и лекарственные вещества, для достижения видимых результатов.

Библиографический список

1. Фролова, Т. А. Information Models of a Medical Device for its Evaluation / Т. А. Фролова, М. С. Фролова, И. А. Толстухин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 587 – 591.
2. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем / С. В. Фролов, С. Н. Макоев, С. В. Семенова, С. Г. Фареев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 266 – 272.
3. Фролова, М. С. Системы поддержки принятия решений для задач оснащения лечебных учреждений медицинской техникой / М. С. Фролова, С. В. Фролов, И. А. Толстухин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – Специальный выпуск 52. – С. 106 – 111.
4. Фролов, С. В. Доплеровское картирование кровотока в мягких биологических тканях на основе обработки данных оптической когерентной томографии в режиме реального времени / С. В. Фролов, А. Ю. Потлов // Медицинская техника. – 2021. – № 2. – С. 1 – 4.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ КАПИЛЛЯРНОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СОСУДОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ МЕДИЦИНСКОГО КИСЛОРОДА

И. Р. Перифилов, В. С. Кувшинников

Российский химико-технологический университет
имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия
(e-mail: i.perfilov.r@gmail.com)

Надежность и целостность медицинского оборудования играют ключевую роль в обеспечении безопасности пациентов. Некачественные сварные соединения в сосудах для хранения медицинского кислорода могут снижать эффективность медицинских процедур и создавать аварийные риски для сотрудников медицинских учреждений. Капиллярный контроль является одним из ключевых методов поиска дефектов в сварных соединениях [1]. Неавтоматизированный анализ результатов капиллярного контроля подвержен влиянию человеческого фактора, что выражается в непостоянстве и субъективности оценки. Автоматизация процесса повышает объективность и воспроизводимость результатов контроля. Компьютерное зрение и искусственный интеллект уже нашли широкое применение в медицине [2] и в области неразрушающего контроля [3].

С применением методов компьютерного зрения разработан алгоритм анализа изображений результатов капиллярного контроля сварных соединений сосудов, предназначенных для хранения медицинского кислорода. Программная реализация выполнена с применением языка программирования C# и библиотеки обработки изображений OpenCV в оболочке Emgu CV. Разработан интерфейс на основе Windows Forms для ОС Windows. Применение свободно распространяемого программного обеспечения обусловлено стремлением минимизировать риски, связанные с ограничениями импорта и санкционными ограничениями, обеспечить надежность и масштабируемость разработанного решения.

Обработка изображений выполняется в несколько этапов. Сначала для выделения на изображении области интереса применяется многоступенчатый алгоритм Кэнни, хорошо зарекомендовавший себя в компьютерном зрении [4]. С целью повышения точности выделения границ оцениваемого участка сварного соединения перед применением алгоритма выполняется предварительная обработка изображения, направленная на подавление шумов. В завершение первого этапа выполняются морфологические операции. Оценка размеров и формы дефектов усложняется кривизной контролируемой поверхности цилиндрических сосудов. Для учета фактора кривизны применяются алгоритмы сегментации [5].

Следующий этап обработки изображения предполагает поиск и анализ индикаторных следов с целью выявления дефектов. Для обнаружения индикаторных следов используется метод пороговой обработки в цветовом пространстве HSV (Hue, Saturation, Value) [6]. Индикаторный пенетрант, применяемый в капиллярном контроле, обладает характерным цветовым тоном, что позволяет эффективно выделять дефекты на изображениях. В отличие от RGB, цветовое пространство HSV раздельно кодирует цветовой тон (Hue), насыщенность (Saturation) и яркость (Value), что повышает устойчивость к изменениям освещения. Это позволяет точно определять пороги для выделения дефектов, соответствующих индикаторному пенетранту, даже в условиях неравномерного освещения. Анализ завершается оценкой размеров и формы дефектов с опорой на ГОСТ 18442–80 [7].

Библиографический список

1. ГОСТ 3242–79. Соединения сварные. Методы контроля качества. – М., 2002. – 11 с. (Издательство стандартов).
2. Rajamani, S. K. Revolutionizing Healthcare: The Power of Computer Vision Artificial Intelligence / S. K. Rajamani, R. S. Iyer // Convergence of Antenna Technologies, Electronics, and AI. – IGI Global, 2025. – P. 311 – 334.
3. Role of Computer Vision in Manufacturing Industry / M. Umar et al. // Machine Vision and Industrial Robotics in Manufacturing. – CRC Press, 2025. – P. 14 – 35.
4. Сайт OpenCV, раздел Canny Edge Detection [Электронный ресурс]. – URL : https://docs.opencv.org/4.x/da/d22/tutorial_py_canny.html (дата обращения: 13.04.2025).
5. Rajamani, S. K., Revolutionizing Healthcare: The Power of Computer Vision Artificial Intelligence / S. K. Rajamani, R. S. Iyer // Onvergence of Antenna Technologies, Electronics, and AI. – IGI Global, 2025. – P. 311 – 334.
6. Сайт OpenCV, раздел Tutorials Color Space Conversions [Электронный ресурс]. – URL : https://docs.opencv.org/4.x/df/d9d/tutorial_py_colorspaces.html (дата обращения: 16.04.2025)
7. ГОСТ 18442–80. Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования. – М., 2004. – 26 с. (Издательство стандартов).

ЭЛЕКТРОСОН: СПОСОБ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ЛЕЧЕНИЯ БОЛЬНЫХ ПОСЛЕ ИНСУЛЬТА ГОЛОВНОГО МОЗГА

В. С. Бессонова

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: lera.bessonova.0303@mail.ru)

Изобретение относится к медицине, в частности, к неврологии, физиотерапии и может быть использовано для восстановительного лечения больных после ишемического инсульта головного мозга [1, 2].

Известен способ лечения органических поражений головного мозга путем воздействия излучением крайне высокой частоты на ладонные поверхности обеих кистей рук и подошвенные поверхности обеих стоп длинами волн 5, 6 и 7,1 мм с чередованием их через день, мощностью излучения 10 мВт/см², ежедневным воздействием в течение 5 – 10 дней. Недостатком известного способа являются невысокие эффективность и полнота восстановления поврежденных в результате заболевания функций, опосредованное воздействие на пораженный головной мозг через периферические зоны, необходимость проведения дополнительных электроэнцефалографических исследований.

Изобретением решается задача повышения эффективности восстановительного лечения больных после инсульта головного мозга, путем применения комбинированного трансцеребрального электротерапевтического воздействия. Достигается это тем, что способ регламентирует виды и комбинацию физических факторов воздействия, их взаимную корреляцию, последовательность, режимы, продолжительность и дискретность воздействия, порядок варьирования уровня и меры воздействия, а также нормирует необходимые электро-технические характеристики воздействия.

Способ восстановительного лечения больных после инсульта головного мозга осуществляют следующим образом. При реализации способа используют аппарат, генерирующий электрическое поле высокой частоты (международной частоты) 27,12 МГц, а также аппарат, генерирующий импульсные токи электросна. В нашей медицинской практике для терапии электрическим полем высокой частоты использовался аппарат «Ундатерм» с 7 ступенями регулировки мощности от 10 до 80 Вт и автоматической настройкой в резонанс анодного (генераторного) терапевтического контура, включающего излучатели, конденсаторные пластины и ткани больного.

Воздействие первым физическим фактором из предлагаемой комбинации двух факторов – электрическим полем высокой частоты, проводилось в следующих условиях. Пациента располагали сидя в удобном для него положении. Битемпорально-поперечно с зазором не более 3 см в области височных костей располагали парные конденсаторные пластины № 3 (диаметром 12 см).

Устанавливали дискретно атермическую дозу: мощностью 1 ступени (15...20 Вт) в первые 5 процедур и затем олиготермическую дозу мощностью 2 ступени (20...30 Вт) с 6 по 12 процедуру. Длительность воздействия – 7 мин в первую процедуру, увеличивали на 2 мин в каждую последующую до 15 мин и с 5 по 12 процедуры воздействовали 15 мин.

Последовательно через 2 часа воздействовали вторым физическим фактором из предлагаемой комбинации двух факторов – импульсными токами электросна, в следующих условиях. Использовали аппарат «Электросон-5» (ЭС-10-5). Процедуры проводили в затемненном помещении, изолированном от шума.

Современной медицинской промышленностью выпускается серийный аппарат «Электросон-5» (ЭС-10-5). Кроме того, во многих лечебно-профилактических учреждениях используется аппарат «Электросон-4Т» (ЭС-АТ). Эти приборы имеют заданные силу тока от 0 до 10 мА и длительность импульсов 0,5 мс, используемые при трансцеребральном электролечебном воздействии. Ранее выпускалась аппаратура с заданной длительностью импульсов 0,2...0,5 мс и поэтому терапия электросном проводилась при длительности импульсов тока 0,2...0,5 мс.

Библиографический список

1. Фролов, С. В. Доплеровское картирование кровотока в мягких биологических тканях на основе обработки данных оптической когерентной томографии в режиме реального времени / С. В. Фролов, А. Ю. Потлов // Медицинская техника. – 2021. – № 2. – С. 1 – 4.
2. Моделирование пульсирующих потоков крови для задач оптической когерентной томографии в офтальмологии / С. В. Фролов, А. Ю. Потлов, С. Г. Проскурин, Т. А. Фролова // Журнал радиоэлектроники. – 2020. – № 11. – URL : <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2020.11.3>

ФОТОКОЛОРИМЕТР КФК-2МП

Я. В. Долгов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: 2yaroslav00000@mail.ru)

Колориметр фотоэлектрический концентрационный КФК-2МП – прибор, сыгравший значительную роль в аналитической химии и смежных областях [1 – 6]. Однако сегодня он снят с производства, и его место занимают более современные аналоги, такие как КФК-3-01 или фильтровые фотометры серии «Эксперт». Рассмотрим особенности КФК-2МП, его применение и возможные направления развития технологий на его основе.



Рис. 1. КФК-2МП

КФК-2МП – микропроцессорный колориметр, предназначенный для измерения коэффициентов пропускания, оптической плотности и концентрации веществ в растворах. Его рабочий спектральный диапазон (315...980 нм) охватывал 11 точек, выделяемых светофильтрами. Прибор использовал галогеновую лампу КГМ 6.3-15 и два типа приемников излучения: фотоэлемент Ф-26 (315...540 нм) и фотодиод ФД-24К (590...980 нм). Погрешность измерений составляла $\pm 1\%$ для пропускания и 0,3% для случайных погрешностей. КФК-2МП, в основном, использовали в медицине (анализ биологических жидкостей), сельском хозяйстве (определение нитратов, калия и других элементов в почвах и растениях) и промышленности (контроль качества в металлургии, химической и пищевой отраслях).

Однако, несмотря на надежность, КФК-2МП устарел технологически. Лампа накаливания, используемая в его конструкции, потребляет значительную мощность (энергию) от источника питания, нагревает элементы прибора, что приводит к их нестабильной работе [6]. Решением этой проблемы может быть кратковременное включение лампы во время измерений. Такой режим может обеспечиваться микропроцессорным устройством, управляющим блоком питания лампы. Закон изменения тока через лампу в этом случае задается программой микропроцессора и может быть легко подобран оптимальным для данного типа лампы и режима ее работы.

Как итог, КФК-2МП стал важным этапом в развитии аналитического оборудования, но его эпоха завершилась. Перспективы связаны с интеграцией IoT-технологий, искусственного интеллекта для прогнозирования концентраций и разработкой «умных» датчиков. Например, внедрение алгоритмов машинного обучения для автоматической калибровки. Эти инновации не только сохраняют наследие КФК-2МП, но и выведут аналитическую технику на новый уровень точности и удобства.

Библиографический список

1. Проскурин, С. Г. Детектирование поглощающей неоднородности в биологическом объекте при регистрации рассеянных фотонов / С. Г. Проскурин, А. Ю. Потлов, С. В. Фролов // Медицинская техника. – 2012. – № 6(276). – С. 1 – 5.
2. Proskurin, S. G. Visualization of Blood Vessels by Means of Optical Coherence Tomography / S. G. Proskurin, S. V. Frolov // Biomedical Engineering. – 2012. – V. 46(3), – P. 96 – 99.
3. Проскурин, С. Г. Визуализация кровеносных сосудов при помощи оптической когерентной томографии / С. Г. Проскурин, С. В. Фролов // Медицинская техника. – 2012. – № 3(273). – С. 9 – 14.
4. Frolov, S. V. Numerical Simulation of High-Temperature Thermal Processes in Cylindrical Furnaces / S. V. Frolov, S. V. Frolov // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2008. – V. 81(3), – P. 576 – 587.
5. Использование эффективных систем позиционного регулирования для задач медицинской техники / С. В. Фролов, К. С. Савинова, А. Ю. Куликов, И. А. Суконкин // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2022. – № 2. – С. 50 – 62.

НЕИНВАЗИВНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ГЛЮКОЗЫ

Я. В. Долгов, В. В. Дубровин

Тамбовский государственный технический университет,
Тамбов, Россия

(e-mail: 2yaroslav00000@gmail.com; dubrowin.tgtu@yandex.ru)

В современном мире распространенность диабета относительно высока. По данным Международной диабетической федерации за 2021 год, во всем мире около 537 миллионов взрослых людей живут с диабетом [1].

Для того чтобы контролировать уровень глюкозы, от которого зависит жизнь пациента, были созданы глюкометры. На данный момент практически применяются только инвазивные глюкометры, которые имеют относительно небольшую погрешность. В то же время активно развивается и неинвазивное измерение глюкозы. На данный момент есть много методов, которые могут дать возможность измерить содержание глюкозы в крови, но их точность далека от той, которая нужна для контроля пациента.

В соответствии с Российским ГОСТ Р ИСО 15197–2015 погрешность глюкометров не должна превышать 15% в сравнении с лабораторными измерениями. При уровне глюкозы плазмы $< 5,6$ ммоль/л отклонения должны быть не более чем на 0,8 ммоль/л, при уровне $> 5,6$ ммоль/л отклонения не должны превышать 15% [2].

В статье предлагается метод, который сможет повысить точность неинвазивного измерения глюкозы методом оптической спектроскопии [3].

Просвечивая, например, мочку уха светодиодами с подобранными длинами волн, мы можем определить концентрацию веществ в просвечиваемой области. Для этого экспериментально измеряются коэффициенты экстинкции веществ, находящихся на пути светового потока, определяется интенсивность света до и после его прохождения через мочку уха, при заданной толщине объекта. Далее, при помощи закона Бугера-Ламберта-Бера вычисляется концентрация нужного вещества

$$I = I_0 \times e^{-\varepsilon cl},$$

где I_0 – интенсивность падающего светового потока; I – интенсивность прошедшего через объект света; ε – коэффициент экстинкции; c – концентрация вещества; l – толщина объекта.

Используя подобранные частоты светодиодов, получаем систему уравнений. Решая полученную систему уравнений определяем концентрацию глюкозы.

Библиографический список

1. Global Report on Diabetes. – Geneva : World Health Organization, 2016. – 88 p. – URL : <https://www.who.int> (дата обращения: 10.11.2024).
2. ГОСТ Р ИСО 15197–2015. Системы диагностические in vitro. Требования к системам для самоконтроля уровня глюкозы в крови для лечения сахарного диабета. – М.: Стандартинформ, 2016. – 20 с.
3. Khalil, O. S. Non-Invasive Glucose Measurement Technologies: Recent Progress and Current Challenges / O. S. Khalil // Clinical Chemistry and Laboratory Medicine. – 2020. – V. 58, No. 3. – P. 423 – 437.

ИННОВАЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ КОМПАНИИ THERMO FISHER SCIENTIFIC

Е. И. Долина

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: dolina.mila@gmail.com)

Thermo Fisher Scientific Inc. – мировой лидер в сфере обслуживания науки с годовым доходом более 40 миллиардов долларов.

Thermo Fisher Scientific – американская компания, образованная в результате слияния двух крупных компаний: Thermo Electron Corporation и Fisher Scientific International Inc., которое произошло в 2006 году. История каждой из объединенных фирм насчитывает десятилетия успешной деятельности в области лабораторного оборудования, аналитической техники и научных исследований.

Объединение обеих компаний создало крупнейшую в мире организацию, специализирующуюся на предоставлении решений для биофармацевтики, здравоохранения, научных исследований и промышленности. Сегодня Thermo Fisher Scientific предлагает передовые технологии и продукты, такие как масс-спектрометры, хроматографические системы, молекулярные диагностические

инструменты и многое другое, обеспечивая клиентов надежными инструментами для научных открытий и разработок [1 – 4].

Инновационное оборудование:

– Apreo 2 SEM – Революция в электронном микроскопировании.

Apreo 2 SEM – это новый сканирующий электронный микроскоп (СЭМ), предназначенный для визуализации поверхностных структур образцов в широком диапазоне режимов и областей применения, включая исследование наноструктур, материаловедение, микробиологию и физику конденсированных сред.

– Ion GeneStudio S5 – Генетические исследования на новом уровне.

Ion GeneStudio S5 – это последняя версия автоматизированной системы секвенирования нового поколения (NGS), разработанная для облегчения работы с многочисленными биологическими образцами и ускорения процессов геномного анализа. Эта система отличается простотой эксплуатации, быстроедействие и высокой производительностью, позволяя ученым получать важные данные буквально за сутки.

– NanoDrop One UV-Vis Spectrophotometer – Быстро и точно.

NanoDrop One – это ультрасовременный спектрофотометр, созданный для работы с малыми объемами биологических образцов. Его основное преимущество – невероятная скорость и высокая точность измерения концентраций нуклеиновых кислот и белков.

– Orbitrap Exploris GC 240 – Масс-спектрометрия будущего.

Exploris GC 240 – это орбитрап-градиентный масс-спектрометр, обеспечивающий невиданный ранее уровень разрешающей способности и точности анализа органических соединений. Система обеспечивает качественный анализ сложных газовых смесей и легких углеводов.

Новые разработки от Thermo Fisher Scientific демонстрируют высокий потенциал современного технологического оснащения лаборатории медицинской техникой. Они способствуют существенному повышению продуктивности исследовательской деятельности, делая возможным решение сложнейших задач и открытие ранее неизвестных фактов. Эти инструменты помогают расширить горизонт научных исследований и обеспечивают прорыв в технологиях завтрашнего дня.

Библиографический список

1. Градиентный метод нейросетевого управления многосвязными нелинейными нестационарными стохастическими системами / С. В. Фролов, А. Ю. Потлов, А. А. Коробов, К. С. Савинова // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2021. – № 5. – С. 41 – 48

2. Фролов, С. В. Доплеровское картирование кровотока в мягких биологических тканях на основе обработки данных оптической когерентной томографии в режиме реального времени / С. В. Фролов, А. Ю. Потлов // Медицинская техника. – 2021. – № 2. – С. 1 – 4.

3. Моделирование пульсирующих потоков крови для задач оптической когерентной томографии в офтальмологии / С. В. Фролов, А. Ю. Потлов,

С. Г. Проскурин, Т. А. Фролова // Журнал радиоэлектроники. – 2020. – № 11. – URL : <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2020.11.3>

4. Проскурин, С. Г. Детектирование поглощающей неоднородности в биологическом объекте при регистрации рассеянных фотонов / С. Г. Проскурин, А. Ю. Потлов, С. В. Фролов // Медицинская техника. – 2012. – № 6(276). – С. 1 – 5.

ВЫБОР МЕДИЦИНСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Е. П. Евстигнеева

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: elizavetaevst44@gmail.com)

Для повышения безопасности пациентов и сотрудников, улучшения качества медицинской помощи, снижения вероятности ошибок и оптимизации работы медицинских организаций разрабатываются стандарты оснащения. Подбор медицинского оборудования, отвечающего этим стандартам, – ключевой этап при создании лечебных учреждений. Правильный выбор включает ряд последовательных действий, формирующих методологию подбора оборудования согласно стандартам оснащения [1 – 6].

Выбор медицинского оборудования ведется поставщиком согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2024 г. № 1875 «О мерах по предоставлению национального режима при осуществлении закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд, закупок товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц», который в свою очередь связан непосредственно с каталогом товаров, работ и услуг (КТРУ).

Рис. 1. Фрагмент окна поиска медицинских изделий с возможностью ввода кода вида

Предварительно, в процессе разговора с заказчиком, поставщик уточняет технические характеристики и бюджет. На сайте zakupki.gov.ru в разделе «Каталог», «Медицинские изделия» и «Классификация», выбирается пункт «Номенклатурная классификация медицинских изделий по видам». Следом вводится код наименования изделия, который является уникальным для каждого вида техники (рис. 1).

На основе предложенных вариантов поставщик составляет 3 коммерческих предложения с предпочтением заказчика, которые после рассылаются производителям.

Библиографический список

1. Фролова, Т. А. Information Models of a Medical Device for its Evaluation / Т. А. Фролова, М. С. Фролова, И. А. Толстухин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 587 – 591.
2. Фролова, М. С. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении / М. С. Фролова, С. В. Фролов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 553 – 561.
3. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем / С. В. Фролов, С. Н. Маковеев, С. В. Семенова, С. Г. Фареа // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 266 – 272.
4. Фролова, Т. А. Информационные модели для оценки медицинского устройства / Т. А. Фролова, М. С. Фролова // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Вып. 4, Т. 3. – С. 123 – 128.
5. Фролова, М. С. Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода/ М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 4(58). – С. 139 – 145.
6. Исследование геометрии и механических свойств атеросклеротических бляшек на стенках сосудов методами интраваскулярной оптической когерентной томографии / С. В. Фролов, А. Ю. Потлов, Т. А. Фролова, С. Г. Проскурин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2021. – Т. 27, № 1. – С. 42 – 49.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАРУШЕНИЯ СНА НА ОСНОВЕ СООТВЕТСТВИЯ ЧАСТОТ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ

Е. П. Евстигнеева, С. Г. Проскурин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: elizavetaevst44@gmail.com)

Полисомнография – это комплексное исследование сна, которое проводится для диагностики различных нарушений сна, включая бессонницу, апноэ сна и другие расстройства. Во время полисомнографии регистрируются различные физиологические показатели, в частности активность мозга [1]. Электроэнцефалография (ЭЭГ) – ключевой метод диагностики нарушений сна, позволяющий исследовать электрическую активность мозга. Эта методика широко применяется врачами-сомнологами для объективной оценки процессов, происходящих в мозге во время отдыха и сна [2].

ЭЭГ диагностика представляет собой запись электрического сигнала головного мозга во временной области с последующей обработкой в спектральной области. Этот подход позволяет отображать функциональные состояния бодрствования и во время разных фаз сна. Это используется для мониторинга развития мозга, диагностики коматозных состояний, альфа-ритма, эпилепсии, болезни Альцгеймера, инсультов, мигреней, а также для исследования психических и сонных расстройств в медицине [3].

Во время нормального сна ЭЭГ фиксирует закономерные изменения мозговых волн, отражающие разные фазы сна. При нарушениях сна возникает асимметрия электрических импульсов мозга: усиливается активность одного полушария, увеличивая амплитуду пиков сигнала ЭЭГ. Пациенты демонстрируют асимметричные спайковые волны или острые колебания, указывающие на эпилептическую активность.

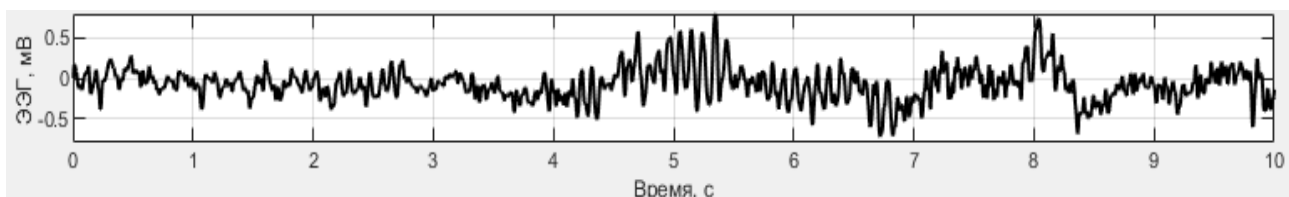


Рис. 1. Временная зависимость ЭЭГ сигнала α -ритма:
0 – 4 с – спокойное состояние; 4 – 10 с – во время нарушения сна

Спектральное представление сигнала α -ритма при различных состояниях глубокого сна и тревожного ЭЭГ отклика позволило выявить гармоника на одинаковых частотах. При этом сигнал ЭЭГ существенно отличается во временной области в спокойном (0 – 4 с) и тревожном (4 – 10 с) состоянии (рис. 1).

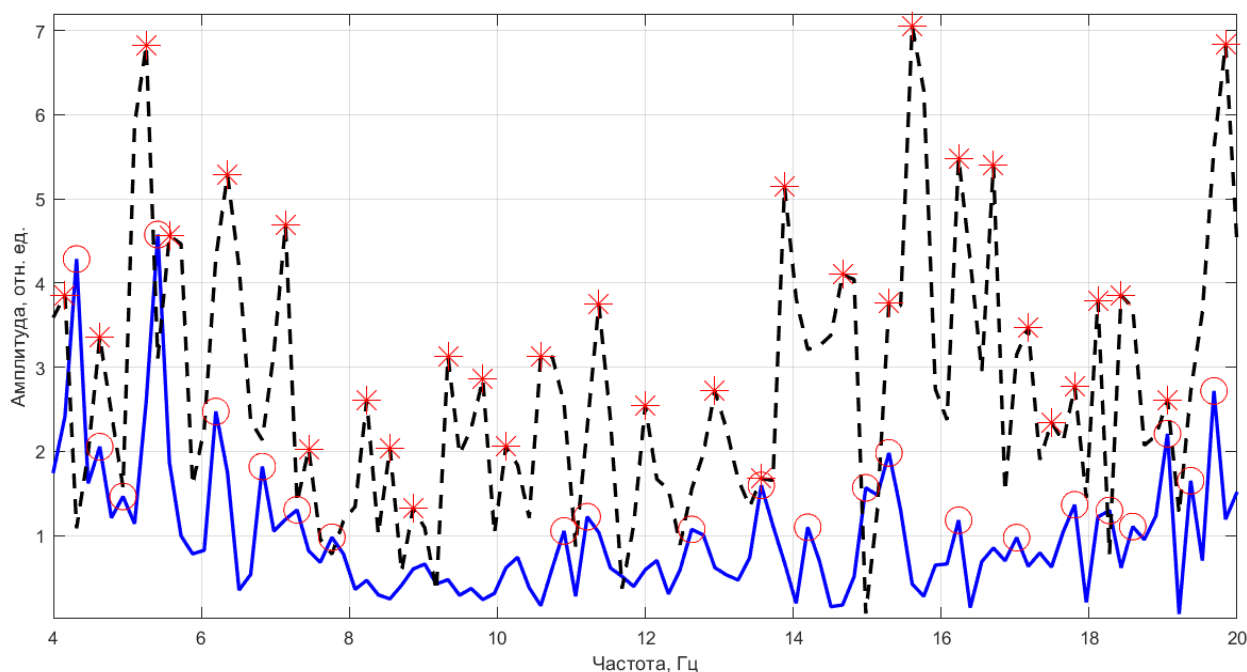


Рис. 2. Спектр ЭЭГ сигнала α -ритма, сигнал ЭЭГ в спокойном состоянии – сплошная линия, сигнал ЭЭГ во время нарушения сна – пунктирная линия

При этом на отдельных частотах (4,63; 13,57; 15,29; 16,24; 17,8, 19,29 Гц) пики в спокойном состоянии совпадают с пиками во время нарушения сна (рис. 2). Это показывает, что нарушения сна можно выявлять на более ранних стадиях и находить соответствие гармоник на различных частотах при разных фазах сна.

Библиографический список

1. Харламов, Д. А. Полисомнография в диагностике нарушения сна у детей / Д. А. Харламов, М. Р. Кременчугская, О. Е. Трифонова // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2008. – № 5. – С. 52 – 58.
2. Полисомнография и клиническая оценка хронических нарушений сознания / А. И. Шпичко, Н. П. Шпичко, Д. В. Зинченко и др. // Трудный Пациент. – 2019. – № 4. – С. 36 – 38.
3. Черешнев, В. О. Исследование частотных характеристик электрокардиограммы при помощи дискретного преобразования Фурье / В. О. Черешнев, С. Г. Проскурин // Современные наукоемкие технологии. – № 8. – 2019. – С. 89 – 93.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ПЕРСОНИФИЦИРОВАННОЙ ПРОГРАММЫ РЕАБИЛИТАЦИИ

Д. А. Ермаков, М. Ю. Ефремов

Юго-Западный государственный университет, Курск, Россия
(e-mail: dmitriyermakov98@yandex.ru)

В процессе реабилитации больных, перенесших инсульт, осуществляется тренировка паретичной конечности посредством предъявления больному клипов виртуальной реальности (VR), стимулирующих воображение движения паретичной конечностью [1, 2]. На основе анализа и контроля моторного (RMS) и электродермального (ЭДО) ответов пациента на предъявляемый клип VR осуществляется оценка рейтинга клипа по формуле:

$$R = \frac{1}{2\alpha} \sum_{\substack{i=t_{n1}-\alpha \\ j=t_{n2}-\alpha}}^{\substack{j=t_{n2}+\alpha \\ i=t_{n1}+\alpha}} RMS_i \cdot \overline{\overline{\text{ЭДО}_j}}, \quad (1)$$

где RMS_i – отсчеты сигнала моторного ответа; $\overline{\overline{\text{ЭДО}_j}} = |\text{ЭДО}'_j| \text{ЭДО}'_j$ – отсчеты сигнала ЭДО, пропущенного через фильтр верхних частот; $t_{n1} = \arg \max_{i=1 \dots N} RMS_i$; $t_{n2} = \arg \max_{j=1 \dots N} \overline{\overline{\text{ЭДО}_j}}$; N – число отсчетов в моторном и электродермальном сигналах; α – настраиваемый параметр [3].

После определения рейтинга всех клипов устанавливается пороговое значение рейтинга и клипы, рейтинг которых меньше порогового, удаляются из контента клипов VR. Автоматизированная система формирования персонализированной программы реабилитации представлена на рис. 1. Схема включает персональный компьютер (ПК) 1, монитор для просмотра клипов VR 2, пациента 3, устройство считывания электромиосигнала (ЭМС) с пациента 4, анализатор рейтинга клипа 5, базу клипов 6 и устройство считывания электродермального ответа (ЭДО) 7. Получив отсчеты RMS и $\overline{\overline{\text{ЭДО}}}$, микроконтроллер 10 имеет возможность вычислить их корреляционную функцию. Но, учитывая, что как тот, так и другой сигнал достаточно зашумлены, то в формуле (1) используем сигналы с наибольшей интенсивностью. С этой целью определяем максимальное значение отсчетов RMS и максимальное значение отсчетов $\overline{\overline{\text{ЭДО}}}$. Определив координаты этих отсчетов n_1 и n_2 , выделяем соответствующие окрестности сигналов RMS и $\overline{\overline{\text{ЭДО}}}$, отсчеты которых подставляем в формулу (1).

В результате выполнения алгоритма реализации метода, формируется множество клипов A , использование которых в VR оптимизирует план реабилитации конкретного пациента, т.е. клипы выбираются из базы клипов 6, исходя из эффективности процесса реабилитации.

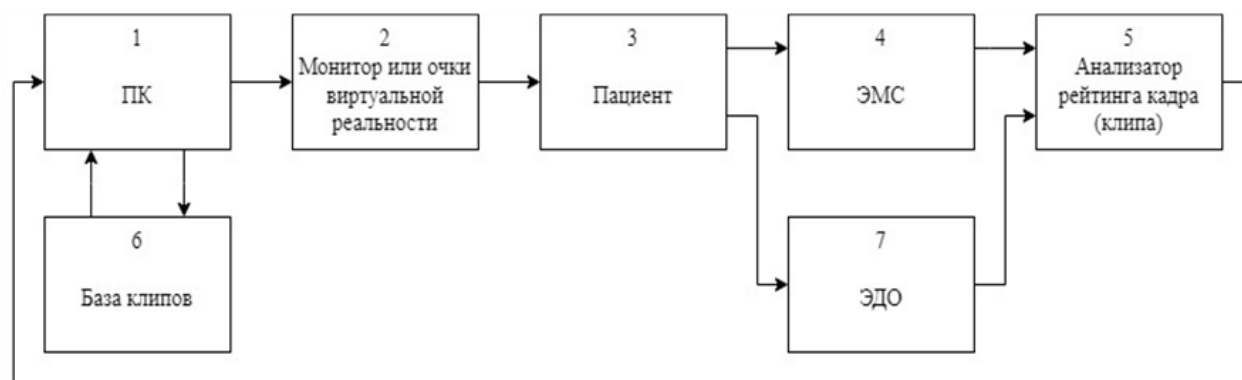


Рис. 1. Структурная схема автоматизированной системы формирования персонализированной программы реабилитации

Библиографический список

1. Классификационные модели адаптационного потенциала живой системы [Электронный ресурс] / Е. В. Петрунина, Р. И. Сафронов, А. Е. Пшеничный и др. // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2024. – Т. 12, № 2. – С. 1 – 22. – URL : <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1547>
2. Биотехническая система персонализированной реабилитации пациентов с ограничением двигательных функций [Электронный ресурс] / С. А. Филист, Е. В. Петрунина, А. Е. Пшеничный и др. // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2025. – Т. 13, № 1. – С. 1 – 18. – URL : <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1787>
3. Метод формирования персонализированного контента клипов виртуальной реальности для реабилитации пациентов с нарушением двигательной активности / Е. В. Петрунина, С. А. Филист, А. Е. Пшеничный и др. // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2024. – Т. 23, № 4. – С. 183 – 194.

ПЕРСПЕКТИВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ АНАЛИЗА АУДИОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕСТОВ

Т. В. Иванова

Поволжский государственный технологический университет,
Йошкар-Ола, Россия,
(e-mail: tanya.ivanova.tytyty@mail.ru)

В современных условиях слуховая система человека подвергается различным нагрузкам, что увеличивает риск раннего развития нарушений слуха. Для своевременной диагностики таких проблем используются аудиометры – электроакустические приборы, предназначенные для точного измерения остроты слуха. Эти приборы играют ключевую роль в медицинской практике.

Разновидности аудиометрии

1. Тональная аудиометрия используется для определения порогов слышимости на различных частотах: от 250 до 8000 Гц.

2. Речевая аудиометрия позволяет выявить социальную адекватность слуха, оценивает разборчивость речи в различных условиях, таких как шум или искажения. Часто по функционалу тональная и речевая аудиометрия объединены в одном устройстве.

3. Импедансная аудиометрия используется для измерения импеданса среднего уха, что позволяет диагностировать такие заболевания, как отит [1].

Результаты тестирования позволяют врачам определить степень потери слуха, выявить патологии и назначить своевременное лечение.

Аудиометр – это медицинский прибор, предназначенный для оценки слуховой чувствительности человека. Он генерирует звуковые сигналы разной частоты и интенсивности, которые пациент воспринимает через наушники или костный вибратор [2]. *Аудиограмма* – результат аудиометрии, представленный в виде графика. Она показывает пороги слухового восприятия на разных частотах и позволяет врачу оценить воздушную и костную проводимость звука, определить характер и степень потери слуха. В первую очередь, аудиограмма позволяет определить степень тугоухости. По оси X отображается частота звука в герцах. Обычно исследуются частоты от 125 Гц (низкие звуки) до 8000 Гц (высокие звуки). По оси Y отображается уровень громкости звука в децибелах. Чем ниже точка на графике, тем хуже человек слышит звуки на этой частоте [3].

Несмотря на многолетний опыт использования аудиометрии в клинической практике, анализ аудиограмм в большинстве случаев осуществляется вручную, что является достаточно трудоемким процессом, а результаты анализа в таком случае субъективны. Повысить достоверность анализа аудиограмм можно с использованием вычислительных методов. На основе медицинских рекомендаций для анализа аудиограмм в данной работе был разработан алгоритм и его программная модель, для автоматической классификации нейросенсорной тугоухости, блок-схема которого представлена на рис. 1.

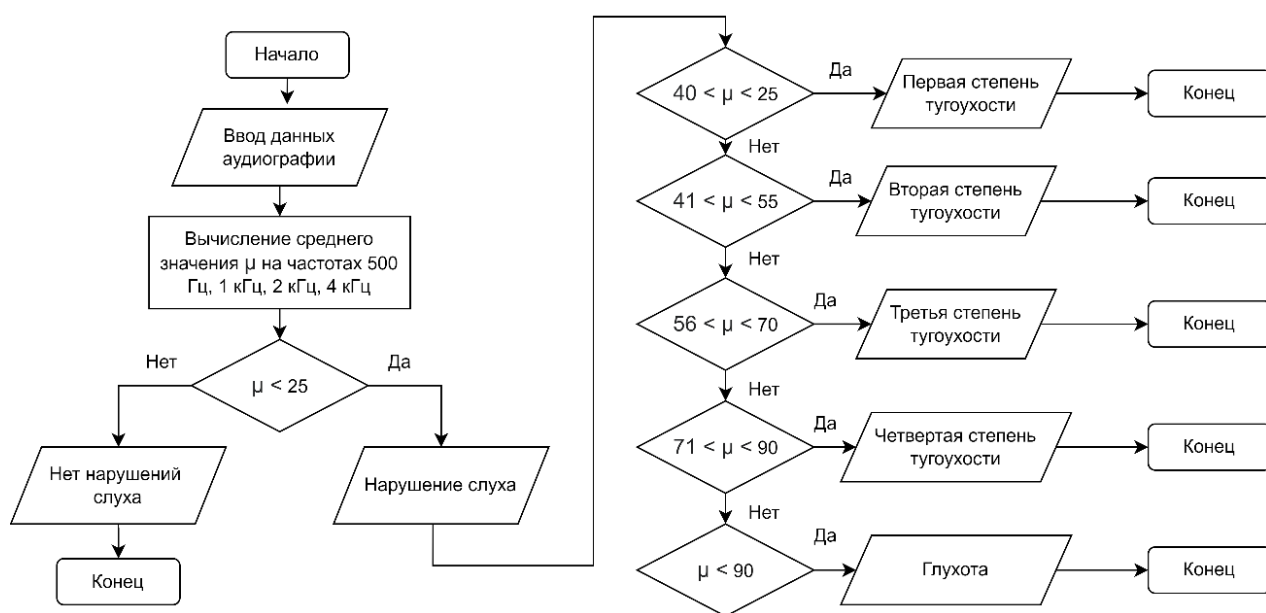


Рис. 1. Блок-схема алгоритма автоматической классификации нейросенсорной тугоухости

Подобные блок-схемы алгоритмов могут быть разработаны и для других типов заболеваний, что создает перспективы полной автоматизации анализа аудиограмм при условии получения положительных объективных оценок качества работы алгоритмов.

Библиографический список

1. Способ оценки аудиологических показателей слабослышащих. Математические методы и программные средства в оценке эффективности слухопротезирования / И. А. Игнатова, Л. С. Эверт, О. И. Зайцева. – Красноярск, 2015. – 68 с.
2. Затолока, П. А. Методы исследования слуха : учебно-методическое пособие / П. А. Затолока. – Минск : БГМУ, 2009. – 16 с.
3. Таварткиладзе, Г. А. Клиническая аудиология : учебное пособие / Г. А. Таварткиладзе, Т. Г. Гвелесиани. – М. : Святигор Пресс, 2003. – 74 с.

ДЕТЕКТОР ОСОБЫХ ТОЧЕК НА СНИМКАХ ВИДЕОРЕЯДА НА ОСНОВЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ МЕТОДОВ

С. В. Коробков, И. А. Жилин, И. Н. Горбачев

Юго-Западный государственный университет, Курск, Россия
(e-mail: s.v.korobkov@gmail.com)

Обнаружение аномальных объектов или ОТ на изображениях и видеопоследовательностях – это очень важная и востребованная область компьютерного зрения. Задачи такого плана возникают при поиске реперных точек в системе управления БПЛА или наземными роботами, при анализе видеоряда изображений анатомического органа в медицинской диагностике, поиске источника возгорания на спутниковых снимках, обнаружения лиц в системах контроля и наблюдения, и многое другое [1]. Предлагаемый детектор ОТ основан на трансформации исходного изображения в изображение критериев, после пороговой обработки которого осуществляют поиск координат ОТ, используя скалярный критерий. Для этого определяют корреляционные изображения, число которых соответствует числу пикселей в исходном изображении. Корреляционное изображение определяется для каждого текущего пикселя исходного изображения путем его свертки с ядром, с центром в текущем пикселе исходного изображения и весами, определяемыми пикселями исходного изображения, попавшими в ядро [2].

Для каждого корреляционного изображения определяется скалярный критерий, который определяет величину пикселя изображения критериев в координате, определяемой индексом корреляционного изображения, на основе которого получен этот критерий. Для принятия решений по выбору особой точки примем следующее правило. Выберем на изображении S размером $N \times M$ в координате (i, j) окно размером $K \times L$. Определим свертку этого окна с исходным изображением S . В результате получим новое изображение SS . Учитывая, что,

по существу, мы определяем корреляционную функцию в окне, то наиболее ярким пикселем на изображении $SS_{i1, j1}$ будет пиксель с координатами $(i1, j1)$. Однако возможна ситуация, когда таких пикселей будет много, или будут пиксели, в которых яркость выше, чем у пикселя $(i1, j1)$. В качестве критерия уникальности пикселя $(i1, j1)$ вводим следующий критерий

$$\vartheta_{i1, j1} = \frac{\sum_{\xi1 \in n, \varsigma1 \in m} SS_{i1, j1}^2(\xi1, \varsigma1)}{2 \cdot \frac{\sum_{\xi1 \in (N-K), \varsigma1 \in (M-L)} SS_{i1, j1}^2(\xi1, \varsigma1) - \sum_{\xi1 \in n, \varsigma1 \in m} SS_{i1, j1}^2(\xi1, \varsigma1) + 1}{1}}, \quad (1)$$

где $\sum_{\xi1 \in (N-K), \varsigma1 \in (M-L)} SS_{i1, j1}^2(\xi1, \varsigma1)$ – энергия изображения $SS_{i1, j1}$; $\sum_{\xi1 \in n, \varsigma1 \in m} SS_{i1, j1}^2(\xi1, \varsigma1) + 1$ –

энергия изображения $SS_{i1, j1}$ в окне размером $n \times m$ с центром в пикселе с координатами $(i1, j1)$, $SS(i1, j1)$ – яркость пикселя изображения SS в координате $(i1, j1)$.

Размер окна $n \times m$ на изображении SS , а также его соотношение с размером окна $K \times L$ на изображении S подбирается для каждой конкретной задачи.

Учитывая, что ОТ может характеризоваться не только максимальной яркостью, но и минимальной яркостью, то для того, чтобы критерий (1) работал и в этом случае, необходимо из исходного изображения вычесть постоянную составляющую яркости и работать, как с положительными, так и с отрицательными отсчетами яркости [3].

Библиографический список

1. Автоматизированная система для классификации снимков видеопотоков / С. А. Филист, М. В. Шевцов, В. А. Белозеров и др. // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2021. – Т. 11, № 4. – С. 85 – 105.
2. Интеллектуальная система обработки изображений, получаемых с беспилотных летательных аппаратов / С. А. Филист, Р. А. Томакова, Н. Г. Нефедов и др. // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2022. – Т. 12, № 4. – С. 64 – 85.
3. Метод и алгоритм автономного планирования траектории полета беспилотного летательного аппарата при мониторинге пожарной обстановки в целях раннего обнаружения источника возгорания / Р. А. Томакова, С. А. Филист, А. Н. Брежнева и др. // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2023. – Т. 13, № 1. – С. 93 – 110.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ С ПОМОЩЬЮ ПРИЛОЖЕНИЯ HEAT BALANCE ОТ DRÄGER

А. А. Коробов, К. С. Савинова

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: korobov1991@mail.ru)

Многоуровневый анализ результатов исследований и разработок в области неонатологии показал, что несмотря на широкое применение неонатальных инкубаторов, в ней все еще остается ряд нерешенных проблем, требующих дальнейшего детального изучения [1]. В частности, не до конца оценена эффективность использования двойных стенок в неонатальных инкубаторах и их влияние на процессы теплообмена; не решена проблема точности поддержания температуры и влажности в неонатальных инкубаторах под влиянием возмущающих факторов; нет окончательно сформировавшегося представления о способе моделирования метаболизма младенца [1, 2].

Крайне интересным для исследовательских и образовательных целей является приложение Heat Balance от компании Dräger, являющейся лидером в области разработки и производства неонатальных инкубаторов.

Мобильное приложение (iOS) Heat Balance представляет собой уникальный образовательный инструмент в виде аппроксимирующей модели теплового баланса голого младенца в инкубаторе. Оно показывает влияние различных типов потери тепла телом и демонстрирует, как инкубаторы Dräger Caleo, Isolette C2000 и Isolette 8000 могут поддерживать тепловую стабильность младенцев. Особое внимание уделено учету уровня влажности для достижения теплового баланса у недоношенных младенцев.

Приложение позволяет использовать такие вводные параметры, как вес при рождении, возраст, гестационный возраст, а также настройки инкубатора и окружающей среды. На основе этих данных оно рассчитывает выходные параметры – тепловой баланс, учитывая различные теплотери типа излучения, конвекции, испарения и проводимости. Приложение может автоматически рассчитывать оптимальные температуру и влажность в инкубаторе для поддержания термически нейтрального состояния младенца, а также выбирать различные типы инкубаторов Dräger и сравнивать их влияние на тепловой баланс, что помогает в выборе наиболее подходящего оборудования для конкретного пациента [3, 4].

Приложение позволяет в удобной графической форме иллюстрировать, как изменения параметров влияют на тепловой баланс, объясняет физиологию терморегуляции недоношенных (например, риск гипотермии при испарительных потерях), и в перспективе, снижает риски ошибок при настройке оборудования медицинским персоналом.

Результаты, полученные с помощью приложения, в особенности, уровень излучения, конвекции, испарения и проводимости, позволяют оценить адекват-

ность разрабатываемой авторами математической модели инкубатора с новорожденным, применяемой при настройке разрабатываемого градиентного нейросетевого управления неонатальным инкубатором [5].

Библиографический список

1. Современное состояние и тенденции в области исследований и разработок неонатальных инкубаторов / С. В. Фролов, А. А. Коробов, К. С. Савинова, А. Ю. Потлов // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2023. – № 11(4). – URL : <https://moitvivi.ru/ru/journal/pdf?id=1473> (дата обращения: 05.05.2025).
2. Фролов, С. В. Моделирование процессов метаболизма недоношенных новорожденных / С. В. Фролов, А. А. Коробов, К. С. Савинова // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : сб. тр. IX Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, Тамбов, 07 мая 2024 года ; Тамбовский государственный технический университет. – 2024. – С. 276 – 278.
3. Effects of Forced Convection of Heated Air on Insensible Water Loss and Heat Loss in Preterm Infants in Incubators / A. Okken, C. Blijham, W. Franz, E. Bohn // The Journal of Paediatrics. – 1982. – V. 101. – P. 108.
4. Obladen, M. Thermoregulation und Thermoregulationsstörungen bei Neugeborenen / M. Obladen // Beiträge zur Intensiv und Notfallmedizin. – Basel : Karger, 1987. – V. 6. – P. 82 – 99.
5. Использование нейроконтроллера и электрохромного остекления в инкубаторах для новорожденных для адаптивной имитации смены дня и ночи / А. Ю. Потлов, С. В. Фролов, А. А. Коробов, К. С. Савинова // Медицинская техника. – 2024. – № 4. – С. 14 – 16.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

А. А. Коробов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: korobov1991@mail.ru)

Вычислительная кардиология становится ведущим инструментом при выборе тактики лечебного воздействия кардиологических заболеваний. Она позволяет реализовать индивидуализированный подход к лечению пациентов и открывает перспективы для будущего создания цифровых двойников сердечно-сосудистой системы человека. Центральным звеном вычислительной кардиологии являются математические модели кровообращения. В работе [1] дан обзор современных цифровых двойников сердца и сосудов. Отмечено, что математические модели, лежащие в их основе, не обеспечивают достаточного уровня описания механизмов регуляции кровообращения.

Изучены актуальные работы (период 2024 – 2025 года), направленные на создание уточненных моделей системы кровообращения и исследований, выполненных на их основе.

В исследовании [2] рассматривается влияние различных методов измерений на точность модели сердечно-сосудистой системы. Для индивидуализации моделей используются данные, полученные с помощью 4D Flow MRI. Реализована модель с сосредоточенными параметрами, где регуляция осуществляется через изменения эластичности левого желудочка и аорты.

В работе [3] представлена математическая модель, ориентированная на анализ скорости распространения пульсовой волны плода. Модель сочетает одномерный подход для описания крупных сосудов и нульмерный подход для микроциркуляции, используя ультразвуковую доплерографию.

Исследование [4] использует усовершенствованную функцию перекрестной корреляции для анализа взаимосвязи между барорефлексом и церебральной авторегуляцией у пациентов с постуральной ортостатической тахикардией. Модель оценивает временные задержки и корреляции между артериальным давлением и частотой сердечных сокращений, а также между средним артериальным давлением и средней скоростью кровотока в мозге.

В работе [5] оцениваются параметры кровотока в гибридно-цифровой модели сердечно-сосудистой системы с использованием рекуррентных нейронных сетей. Модель включает гидравлическую и численную части, позволяя регулировать сопротивление клапанов, эластичность желудочков и частоту сердечных сокращений.

Таким образом, отметим, что современные исследования в области моделирования сердечно-сосудистой системы демонстрируют значительный прогресс в индивидуализации моделей. Будущее математического моделирования системы кровообращения будет связано с применением современных методов управления сложными системами на основе нейронных сетей, что позволит проводить более точную имитацию процессов нейрогуморальной регуляции.

Библиографический список

1. Фролов, С. В. Система поддержки принятия врачебных решений в кардиологии на основе цифрового двойника сердечно-сосудистой системы / С. В. Фролов, А. А. Коробов, А. Н. Ветров // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2023. – № 11(1). – URL : <https://moitvvt.ru/journal/pdf?id=1308> (дата обращения: 05.05.2025).

2. Observer and sequence variability in personalized 4D flow MRI-based cardiovascular models / B. Casas Garcia, K. Tunedal, F. Viola, et al. // Scientific Reports. – 2025. – V. 15, Is. 1. – P. 1352.

3. A Multiscale Mathematical Model for the Fetal Blood Circulation of the Second Half of Pregnancy / B. G. van Willigen, M. B. van der Hout-van der Jagt, P. H. M. Bovendeerd, et al. // International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering. – 2024. – V. 40, Is. 12. e3877.

4. The relationship between cardiovagal baroreflex and cerebral autoregulation in postural orthostatic tachycardia disorder using advanced cross-correlation function / S. J. Yeh, C. W. Lung, Y. K. Jan, et al. // Scientific Reports. – 2024. – V. 14, Is. 1. – P. 25158.

5. Assessment of blood Flow Parameters in a Hybrid-Digital Model of the Cardiovascular System Applying Recurrent Neural Networks / M. Ślęzak, M. Kopernik, K. Szawiraacz, G. Milewski // Biomedical Signal Processing and Control. – 2024. – V. 98. – P. 106680.

ГИБРИДНЫЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ НЕЛИНЕЙНЫХ МОДЕЛЕЙ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ В ЗАДАЧАХ БИОИМПЕДАНСОМЕТРИИ

Н. А. Корсунский

Юго-Западный государственный университет, Курск, Россия
(e-mail: cor.nick2013@yandex.ru)

Методы биоимпедансной диагностики находят широкое применение в неинвазивной оценке состояния биологических тканей, в том числе для диагностики заболеваний органов дыхания. Ключевым этапом анализа биоимпедансных данных является определение параметров эквивалентной электрической модели ткани на основе частотной зависимости комплексного импеданса. В данной работе предлагается двухэтапный гибридный алгоритм оптимизации параметров модели трехзвенного двухполюсника, основанный на применении генетического алгоритма (ГА) и метода наименьших квадратов (МНК).

В качестве эквивалентной схемы использовалась модель трехзвенного двухполюсника, состоящая из трех последовательно соединенных звеньев, каждое из которых включает параллельно соединенные резистор и конденсатор. Частотная зависимость импеданса такой модели описывается выражением [3]:

$$\left. \begin{aligned} a_1(\omega_1) &= \sum_{l=1}^L \left(\frac{R_l + \omega_1^2 C_l^2 R_l r (R_l + r)_l}{1 + \omega_1^2 C_l^2 (R_l + r)} \right); \\ b_1(\omega_1) &= \sum_{l=1}^L \left(\frac{-j\omega_1 C_l R_l^2}{1 + \omega_1^2 C_l^2 (R_l + r)^2} \right); \\ &\dots\dots\dots \\ a_1(\omega_N) &= \sum_{l=1}^L \left(\frac{R_l + \omega_N^2 C_l^2 R_l r (R_l + r)_l}{1 + \omega_N^2 C_l^2 (R_l + r)} \right); \\ b_1(\omega_N) &= \sum_{l=1}^L \left(\frac{-j\omega_N C_l R_l^2}{1 + \omega_N^2 C_l^2 (R_l + r)^2} \right). \end{aligned} \right\}. \quad (1)$$

где $a(\omega)$ и $b(\omega)$ – координаты точки на графике Коула при $\omega = \text{const}$. Модели определяются на основе множества точек импеданса.

Для определения параметров R_i и C_i применялся двухэтапный подход. На первом этапе использовался ГА для глобального поиска приближенного решения и избегания локальных минимумов. Генерировалась популяция из 200 особей, каждая из которых кодировала набор параметров. Оценка при-

способности осуществлялась на основе суммы квадратов нормированных отклонений между моделью и экспериментальными данными. Лучшие решения передавались в следующий этап.

На втором этапе использовался МНК для локальной коррекции параметров. Оптимизация проводилась методом Левенберга–Марквардта (встроенная функция `lsqnonlin` в MATLAB) с минимизацией следующей целевой функции:

$$F_{\text{РЕГ}} = F + \lambda^* \left(\sum_{i=0} C_i^2 + R_i^2 \right), \quad (2)$$

где $\lambda = 0,1$. Это позволило повысить устойчивость решения и избежать переобучения. Также применялись граничные условия для каждого из параметров.

Для исследования использовались экспериментальные данные биоимпеданса, полученные методом многочастотного зондирования в диапазоне от 1 до 20 Гц с шагом 1 Гц. Полученные значения импеданса представлялись в виде точек на комплексной плоскости (график Коула). Проведенный анализ показал высокую точность аппроксимации экспериментальных данных моделью: норма невязки не превышала 0,09. Визуальное сравнение графика Коула, построенного по экспериментальным данным, и соответствующего графика модели демонстрирует их близкое совпадение. Предложенный подход позволяет достоверно восстанавливать параметры биоимпедансной модели и использовать их как информативные признаки в задачах медицинской диагностики.

Библиографический список

1. Развитие технологии биоимпедансной спектроскопии в системах поддержки принятия врачебных решений / О. В. Шаталова, Н. С. Стадниченко, М. А. Ефремов и др. // Медицинская техника. – 2023. – № 1. – С. 25 – 31.
2. Grimnes, S. Bioimpedance and Bioelectricity Basics / S. Grimnes, Ø. G. Martinsen. – 3rd ed. – Academic Press, 2015. – 560 p.
3. Rutkove S. B. Electrical Impedance Myography: Background, Current State, and Future Directions. *Muscle & Nerve*. – 2009; 40(6): 936 – 946. Pliquett U., Gusbeth C., Nuccitelli R., et al. Impedance characterization of biological tissues using Cole-Cole plots and fitting procedures. *Bioelectrochemistry*. – 2005; 67(1–2): 65 – 70.

РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА УМНЫХ ОЧКОВ ДЛЯ ГЛУХИХ И СЛАБОСЛЫШАЩИХ ЛЮДЕЙ

А. В. Кузнецова, И. Э. Петров

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: irinka.dro@yandex.ru)

Существует множество различных устройств, которые помогают людям с ограничением слуха построить более комфортную и полноценную жизнь. Среди таких устройств можно выделить умные очки и приложения с преобра-

зователем речи в текст. За последние пять лет группами разработчиков было выпущено порядка десяти прототипов умных очков и реальных устройств для глухих и слабослышащих людей. Серийно выпускаемые смарт-очки (СО) обладают функцией перевода иностранных языков, жестовой речи, выведения текста на линзы или дисплей девайса. Стоит отметить устройства с контекстуальной осведомленностью и аппараты, в которые встроены акселерометр и GPS-датчик [1]. Последние обладают функцией вызова экстренных служб, полезны в случае падения их носителя при потере сознания, инфаркте или инсульте. Недостатком уже существующих умных очков для слабослышащих и глухих людей является высокая стоимость.

В первом прототипе СО пользовательский интерфейс будет находиться в мобильном приложении Android. Другие аппаратные компоненты включают Arduino Pro Mini, модуль RSI 0,96 дюйма с 4-контактным OLED-дисплеем, Bluetooth-модуль HC06, небольшой литий-полимерный аккумулятор, 4 модуля усилителя MAX9814 MIC. Микрофон будет улавливать звук из окружающей среды, Arduino Pro mini (APm) обрабатывать звук, поступающий с микрофона, управлять усилителем MAX9814 MIC, передавать текст, преобразованный из звука, через Bluetooth-модуль HC06. Bluetooth-модуль будет передавать текст, полученный от APm, в приложение в смартфоне, которое, в свою очередь, использовать Яндекс. Облако для преобразования речи в текст, а OLED дисплей отображать текст, который был конвертирован из речи.

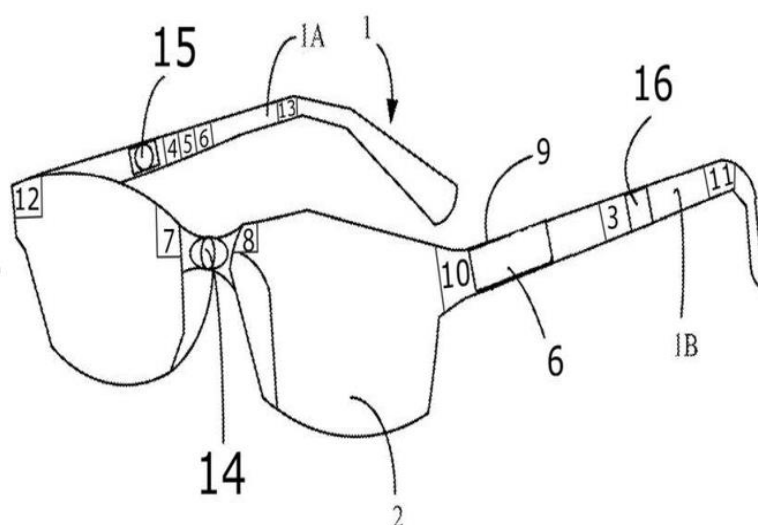


Рис. 1. Обобщенный вид макета очков с датчиком сердечного ритма:

- 1, 1a, 1b – дужки; 2 – линзы; 3 – небольшая литий-полимерная батарея;
- 4 – модуль Bluetooth HC06; 5 – плата Arduino; 6 – датчик сердечного ритма для Arduino;
- 7, 8 – модули дисплея RSI 0,96 дюйма с 4-контактным OLED-экраном;
- 9 – плата для получения и обработки звуков (input unit);
- 10 – 13 – модули микрофонного усилителя MAX9814; 14 – камера;
- 15 – устройство для проекции; 16 – процессор

Использование Arduino Pro mini и Bluetooth-модуля HC06 обеспечивает надежную передачу данных между очками и смартфоном, а интеграция с Яндекс. Облаком позволяет использовать передовые технологии преобразования речи в текст. Выбор компонентов на основе Arduino обусловлен тем, что

на сегодняшний день одноплатные компьютеры и совместимые датчики позволяют существенно сократить время и стоимость прототипов разрабатываемых устройств и проводить исследования их отдельных компонентов и узлов [2 – 4].

Библиографический список

1. Development of Augmented Reality Based Smart Glasses for Assistance of Deaf People / S. S. Ramachandran, U. Karni, A. K. Veeraraghavan, K. Sivaraman // ResearchGate. – 2020. – P. 7.
2. Kim, D. Applications of Smart Glasses in Applied Sciences: A Systematic Review / D. Kim, Y. Choi // Applied Sciences. – 2021. – No. 11. – P. 7.
3. Frolov, S. V. Numerical Simulation of High-Temperature Thermal Processes in Cylindrical Furnaces / Frolov S. V., Frolov S. V. // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2008. – V. 81(3). – P. 576 – 587.
4. Proskurin, S. G. Visualization of Blood Vessels by Means of Optical Coherence Tomography / S. G. Proskurin, S. V. Frolov // Biomedical Engineering. – 2012. – V. 46(3). – P. 96 – 99.

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АРИТМИИ ПОСРЕДСТВОМ ФОНОПЛЕТИЗМОГРАФИИ

А. В. Кузнецова, А. Р. Аветисян, С. Г. Проскурин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: irinka.dro@yandex.ru)

Фотоплетизмография – метод регистрации пульсовых колебаний артериального давления, основанный на одновременной записи пульсирующего светового сигнала, проходящего через биоткани человека. Этот сигнал соответствует кровенаполнению и изменению объема сосудов конечности при систолических сокращениях сердца.

Предлагается использовать звуковой сигнал – фоноплетизмографию, который соответствует кровенаполнению периферийных артерий и сравнить его с синхронным сигналом электрокардиографа (ЭКГ). Этот метод позволяет более точно проводить комплексный мониторинг сердечно-сосудистой системы.

Фоноплетизмографический сигнал представляет собой комбинированную запись акустического сигнала от ударов сердца и изменений объема сосуда вследствие кровотока. Регистрация производится с помощью специальных датчиков, размещаемых на конечности пациента. Полученный сигнал обрабатывается с использованием алгоритмов фильтрации и анализа, позволяющих выделять пики пульсовых волн и рассчитывать различные показатели, такие как среднее значение частоты сердечных сокращений (ЧСС), стандартное отклонение ЧСС и другие важные статистические характеристики ВСР [1].

При использовании фоноплетизмографии в определении количественных характеристик аритмии производится регистрация сигналов колебаний воздуш-

ного давления в манжетке, которое отображается графически, а также запись микрофоном или стетоскопом низкочастотных звуков, издаваемых сердцем. Эти сигналы позволяют выявить различия между нормальным ритмом и аритмическими эпизодами [2].

Для количественной оценки аритмии используют следующие показатели: R-R интервал, стандартное отклонение R-R интервала, частота сердечных сокращений, стандартное отклонение ЧСС, SDNN.

Сравнив данные ЭКГ и фоноплетизмографии в норме и при аритмии, было выявлено, что пики звуковых сигналов и QRS в норме совпадают с коэффициентом корреляции, достигающим $r_{xy} \sim 0,93...0,96$ (рис.1, а), чего не удалось достигнуть в случае с аритмией (рис. 1, б).

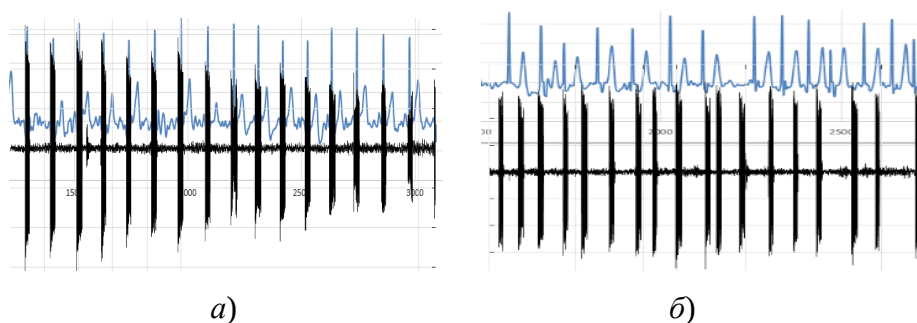


Рис. 1 Сравнение сигналов ЭКС (синяя линия – x) и фоноплетизмографии (черная линия – y) в норме (а) и при аритмии (б)

В рамках данной работы было создано радиоустройство (рис. 2), которое позволяет не только реализовать общепринятый бинарный подход – наличие или отсутствие аритмии, но и определять ее степень в процентах от среднего значения (std ЧСС).



Рис. 2. Новое радиоустройство позволяет количественно определять ЧСС и процент отклонения от среднего значения ЧСС, в данном случае – 60 ударов в минуту и 29% аритмии

Дальнейшие исследования планируется провести на двух выборках – опыт-контроль, с аритмией и без нее, что позволит определить возможности применения коэффициента корреляции (r_{xy}) данного метода в медицинской практике и повысить точность диагностики сердечно-сосудистых заболеваний.

Библиографический список

1. Черешнев, В. О. Исследование частотных характеристик электрокардиограммы при помощи дискретного преобразования Фурье / В. О. Черешнев, С. Г. Проскурин // Технические науки. – 2019. – № 8. – С. 89 – 93.
2. Абделькарим, М. Декомпозиция и частотные характеристики цифрового электрокардиосигнала / М. Абделькарим, В. О. Черешнев, С. Г. Проскурин // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития. – 2024. – № 9. – С. 300 – 302.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НЕЛИНЕЙНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НИЗКОЧАСТОТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН С БИОТКАНЯМИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРАХ ИЗЛУЧЕНИЯ

М. В. Лагута, Д. А. Кравчук

Южный федеральный университет, Таганрог, Россия
(e-mail: laguta@sfedu.ru)

Вопросы разработки высокоточных и безопасных методов диагностики структурных изменений органов и тканей человека на сегодняшний день особенно актуальны в связи с ростом количества пациентов с онкологическими заболеваниями. Развитие методов ультразвуковой эластографии, с учетом нелинейных характеристик биотканей, является наиболее перспективным направлением развития в этой области. В статье представлены результаты исследования интенсивности проявления нелинейных эффектов взаимодействия низкочастотной поперечной акустической волны в различных биотканях при различных начальных параметрах излучения [1, 2].

В данном исследовании анализ нелинейности взаимодействия акустической волны с биотканями предлагается проводить на основе оценки изменения отношения (N) амплитуд третьей гармоники и волны основной частоты, прошедшей через исследуемый объект, которое определяется согласно выражению [3, 4]:

$$N(Z) = \frac{A_3}{A_1} = 0,125Z^2 = 0,125 \left(\frac{\Gamma}{V_0} (2\pi f_0)^2 A_0 \right)^2 z^2, \quad (1)$$

где $\Gamma = \frac{\beta}{2\mu}$ – параметр среды, связывающий ее нелинейные и вязкоупругие свойства; β – коэффициент нелинейности; μ – коэффициент упругости среды; V_0 – скорость невозмущенной поперечной волны; f_0 – частота первой гармоники; A_0 – начальная амплитуда смещения; z – координата, соответствующая направлению распространения поперечной волны.

На рисунке 1 представлены результаты расчетов изменения N с расстоянием для тканей печени при частотах первой гармоники: 1 – 50 Гц, 2 – 100 Гц, 3 – 150 Гц [4, 5].

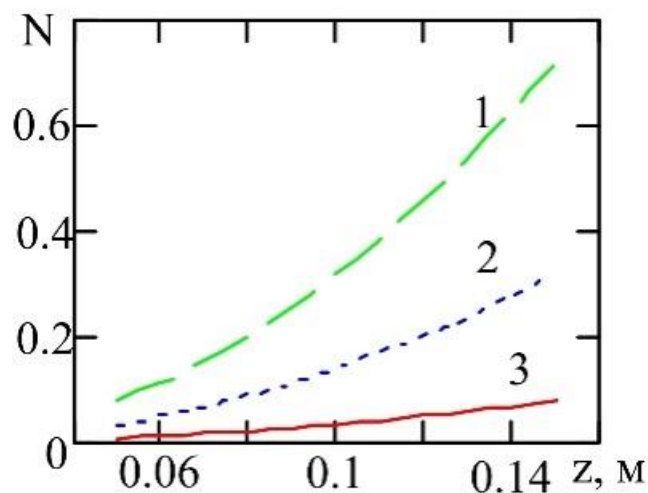


Рис. 1. Изменение N с расстоянием при разных частотах излучаемого сигнала

Результаты расчетов показали, что увеличение частоты излучаемой акустической волны приводит к увеличению проявления нелинейных эффектов распространения акустического излучения в биотканях. Проведенные расчеты позволяют определить оптимальные значения параметров акустической волны, обеспечивающие требуемый уровень образующихся гармонических составляющих.

Библиографический список

1. Кулебина, Е. А. Неинвазивная диагностика фиброза печени: возможности инструментальных методик на современном этапе / Е. А. Кулебина, А. Н. Сурков, О. В. Усольцева // Медицинское обозрение. – 2020. – № 4(5). – С. 297 – 301.
2. Экспериментальные исследования акустического поля поперечных волн в модели биологической ткани / Д. А. Кравчук, Н. Н. Чернов, С. А. Переселков, А. И. Михралиева // Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. – 2024. – Т. 16, № 3. – С. 381 – 386.
3. Демин, И. Ю. Эластография сдвиговых характеристик мягких биологических тканей : учебно-методические материалы для магистрантов и аспирантов / И. Ю. Демин, Н. В. Прончатов-Рубцов. – Н.-Новгород : Изд-во Нижегородского университета, 2014. – 114 с.
4. Лагута, М. В. Исследование нелинейного взаимодействия акустической волны с биотканями для целей акустической эластографии / М. В. Лагута, Д. А. Кравчук, Н. Н. Чернов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2025. – Т. 15, № 1. – С. 131 – 143.
5. Лагута, М. В. К вопросу выбора параметров акустического сигнала для визуализации структуры биологических тканей на основе нелинейного взаимодействия акустических волн / М. В. Лагута, А. Ю. Вареникова, Н. Н. Чернов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2019. – № 8(210). – С. 40 – 46.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ В ОБЛАСТИ МАГНИТОТЕРАПИИ

Д. В. Лобач

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: izmaq@mail.ru)

Магнитотерапия – это метод физиотерапии, основанный на воздействии магнитных полей различной частоты и интенсивности на организм человека. Этот метод широко применяется для лечения заболеваний периферической и центральной нервной системы, опорно-двигательного аппарата, а также для ускорения регенерации тканей. В последние годы магнитотерапия активно развивается благодаря внедрению новых технологий и углубленному изучению механизмов ее действия [1 – 5].

Современные устройства магнитотерапии, такие как описанные в патенте RU 2213590 С1, сочетают воздействие импульсного магнитного поля с локальной доставкой лекарственных препаратов (магнитофорез). Это позволяет повысить эффективность лечения, сократить сроки реабилитации и минимизировать побочные эффекты.

Ключевые инновации включают:

- Использование бегущего магнитного поля, синхронизированного с физиологическими процессами.
- Интеграцию датчиков для контроля состояния пациента в реальном времени.
- Персонализацию параметров воздействия на основе индивидуальных особенностей организма.

Перспективные направления:

1. Персонализированная медицина. Разработка алгоритмов ИИ для анализа данных пациента и автоматической настройки параметров магнитного поля. Это позволит оптимизировать лечение для каждого конкретного случая.
2. Наноматериалы и адресная доставка лекарств: Использование магнитных наночастиц для точной доставки препаратов к пораженным тканям, что особенно актуально при лечении нейродегенеративных заболеваний.
3. Портативные и носимые устройства. Создание компактных аппаратов для домашнего использования, которые обеспечат доступность терапии и снизят нагрузку на медицинские учреждения.
4. Расширение областей применения. Исследование эффективности магнитотерапии при лечении хронических болей, аутоиммунных заболеваний и психических расстройств, таких как депрессия и тревожность.
5. Комбинированные методы. Сочетание магнитотерапии с другими физиотерапевтическими методами (лазеротерапия, электростимуляция) для усиления лечебного эффекта.

Магнитотерапия обладает значительным потенциалом для дальнейшего развития, особенно в области персонализированной медицины и высокотехнологичных методов лечения. Внедрение инновационных решений, таких как ИИ, нанотехнологии и портативные устройства, позволит сделать этот метод более

доступным и эффективным. Будущее магнитотерапии связано с интеграцией в мультидисциплинарные подходы к лечению и реабилитации, что откроет новые возможности для улучшения качества жизни пациентов.

Библиографический список

1. Градиентный метод нейросетевого управления многосвязными нелинейными нестационарными стохастическими системами / С. В. Фролов, А. Ю. Потлов, А. А. Коробов, К. С. Савинова // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2021. – № 5. – С. 41 – 48
2. Фролов, С. В. Доплеровское картирование кровотока в мягких биологических тканях на основе обработки данных оптической когерентной томографии в режиме реального времени / С. В. Фролов, А. Ю. Потлов // Медицинская техника. – 2021. – № 2. – С. 1 – 4.
3. Моделирование пульсирующих потоков крови для задач оптической когерентной томографии в офтальмологии / С. В. Фролов, А. Ю. Потлов, С. Г. Проскурин, Т. А. Фролова, // Журнал радиоэлектроники. – 2020. – № 11. – URL : <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2020.11.3>
4. Исследование геометрии и механических свойств атеросклеротических бляшек на стенках сосудов методами интраваскулярной оптической когерентной томографии / С. В. Фролов, А. Ю. Потлов, Т. А. Фролова, С. Г. Проскурин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2021. – Т. 27, № 1. – С. 42 – 49.
5. Фролов, С. В. Доплеровское картирование кровотока в мягких биологических тканях на основе обработки данных оптической когерентной томографии в режиме реального времени / С. В. Фролов, А. Ю. Потлов // Медицинская техника. – 2021. – № 2. – С. 1 – 4.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ В рН-МЕТРИИ

Д. И. Логинова

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: darka-18@yandex.ru)

рН-метр – это прибор, предназначенный для измерения уровня кислотности или щелочности раствора, выражаемого в значениях рН. Он играет ключевую роль в аналитической химии, позволяя с высокой точностью определять химические свойства жидкостей. Основное назначение рН-метра заключается в обеспечении надежных и точных измерений, необходимых для различных научных, медицинских и промышленных исследований [1 – 6].

Важно отметить, что развитие рН-метрии идет в направлении создания более умных, автономных и универсальных приборов, способных решать комплексные задачи в различных условиях эксплуатации. Например, устройство для рН-метра «НІ98127» (рис. 1).

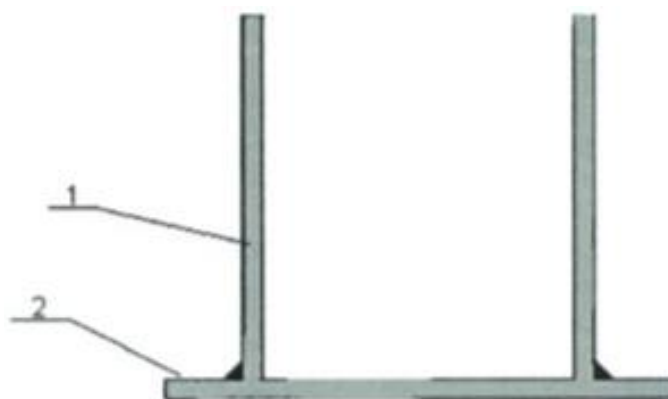


Рис. 1

На рисунке 1 представлена схема устройства. Устройство состоит из емкости 1 и опорной площадки 2 размерами 40×52 мм для устойчивости устройства на горизонтальной поверхности.

Устройство, облегчающее измерение pH при помощи pH-метра «HP98127» фирмы «Hanna Instruments» позволяет проводить pH-метрию с меньшим количеством биологической жидкости, в частности, экссудата брюшной полости.

Данное устройство по размерам полностью соответствует размерам рабочей части pH-метра «HI 98127» фирмы «Hanna Instruments») (Италия). Размеры устройства 32×20 мм и высота 38 мм. Данное устройство позволяет проводить измерения уже при количестве экссудата 2 мл.

Технический результат от применения предлагаемого устройства заключается в уменьшении минимального количества биологической жидкости для проведения pH-метрии с 5 мл у прототипа до 2 мл у предлагаемого устройства.

Таким образом, предлагаемое устройство для pH-метра «HI 98127» позволяет уменьшить минимально необходимое количество биологической жидкости для проведения pH-метрии. Так как у ряда пациентов в брюшной полости малое количество выпота и у них невозможно собрать 5 мл экссудата, то применение предлагаемого устройства позволит увеличить количество больных, которым возможно выполнение pH-метрии [2].

Библиографический список

1. pH-метр: что это за прибор, его назначение и принцип действия // trends.rbc. – URL : <https://testo-rus.ru/articles/chto-takoe-ph-metr/> (дата обращения: 02.04.2025).
2. Устройство для pH-метра «HI 98127» // Exoatlet. – URL : https://yandex.ru/patents/doc/RU185235U1_20181128?ysclid=m9aqpm8nnx893794438 (дата обращения: 02.04.2025).
3. Экспериментальная установка для исследования особенностей управления микроклиматом в неонатальных инкубаторах с использованием гидродинамического фантома новорожденного / С. В. Фролов, А. А. Коробов, К. С. Савинова и др. // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2024. – Т. 27, № 2. – С. 52 – 59.

4. Использование нейроконтроллера и электрохромного остекления в инкубаторах для новорожденных для адаптивной имитации смены дня и ночи / А. Ю. Потлов, С. В. Фролов, А. А. Коробов, К. С. Савинова // Медицинская техника. – 2024. – № 4. – С. 14 – 16.

5. Фролов, С. В. Математическое моделирование пульсирующего сердца с дефектом межжелудочковой перегородки / С. В. Фролов, Д. Е. Судаков, А. А. Коробов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2024. – № 2. – С. 82 – 101.

6. Биотехническая система для выращивания растений / С. В. Фролов, Т. А. Фролова, В. О. Лычагина и др. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2024. – Т. 30, № 1. – С. 85 – 94.

ОСОБЕННОСТИ И НАРУШЕНИЯ СНА У ДЕТЕЙ

М. А. Любавина, Т. А. Фролова

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: milenaliubavina@mail.ru)

Сон ребенка – это динамичный процесс, тесно связанный с его физическим и эмоциональным развитием. С первых недель жизни структура сна претерпевает значительные изменения. Новорожденные спят до 16 – 20 ч в сутки, но их сон фрагментирован на короткие циклы по 45 – 60 минут, без четкого деления на день и ночь [1 – 4]. Это объясняется незрелостью циркадианных ритмов, которые только начинают формироваться под влиянием внешних факторов. В этот период преобладает быстрый сон (REM-фаза), занимающий около 50...65% времени. Он играет ключевую роль в развитии мозга, помогая обрабатывать новые впечатления и стимулируя нейронные связи. К 3 месяцам в структуре сна появляются элементы медленной фазы – веретена сна и К-комплексы, а к 6 месяцам циклы удлиняются до 90 мин, приближаясь к взрослым стандартам. К 3 годам доля быстрого сна снижается до 20...25%, а глубокие стадии медленного сна становятся более выраженными.

Однако становление здорового сна не всегда проходит гладко. До 35% детей сталкиваются с нарушениями, такими как поведенческая инсомния, парасомнии или апноэ. Поведенческая инсомния, самая распространенная проблема, часто возникает из-за неправильных ассоциаций засыпания – например, привычки засыпать только на руках или во время кормления. Это приводит к частым ночным пробуждениям, когда ребенок не может уснуть без привычных условий. Парасомнии, такие как ночные страхи или снохождение, связаны с незрелостью механизмов перехода между фазами сна. Ребенок может внезапно сесть в кровати, кричать, оставаясь при этом в состоянии сна. Эти эпизоды обычно проходят с возрастом. Апноэ сна, чаще встречающееся у недоношенных детей, проявляется остановками дыхания длительностью более 20 с. В тяжелых случаях требуется медицинское вмешательство, включая использование аппаратов для поддержки дыхания.

Потребность в дневном сне уменьшается по мере взросления ребенка. Если в первые полгода жизни малыш спит днем 3–4 раза, то к 12 месяцам большинство детей переходят на один дневной сон продолжительностью 1–2 ч. К 3 годам около 50% детей полностью отказываются от дневного отдыха, а к 7 годам эта практика исчезает практически у всех.

Для родителей ключевым аспектом остается создание безопасных и комфортных условий. Гигиена сна начинается с простых правил: температура в комнате должна быть 18...22°C, матрас – жестким, а кровать – свободной от подушек и игрушек. Важно избегать чрезмерного времени бодрствования – это может привести к переутомлению и трудностям с засыпанием.

Большинство нарушений сна в раннем возрасте носят временный характер и связаны с естественными этапами развития. Однако стойкие проблемы – например, частые пробуждения, дневная сонливость или задержка физических навыков – требуют консультации специалиста. Раннее обращение к педиатру или сомнологу позволяет исключить серьезные патологии и подобрать эффективную стратегию коррекции. В конечном итоге здоровый сон ребенка – это не только основа его благополучия, но и залог гармоничного развития, открывающий возможности для познания мира и формирования крепкой эмоциональной связи с родителями.

Библиографический список

1. Экспериментальная установка для исследования особенностей управления микроклиматом в неонатальных инкубаторах с использованием гидродинамического фантома новорожденного / С. В. Фролов, А. А. Коробов, К. С. Савинова и др. // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2024. – Т. 27, № 2. – С. 52 – 59.

2. Использование нейроконтроллера и электрохромного остекления в инкубаторах для новорожденных для адаптивной имитации смены дня и ночи / А. Ю. Потлов, С. В. Фролов, А. А. Коробов, К. С. Савинова // Медицинская техника. – 2024. – № 4. – С. 14 – 16.

3. Фролов, С. В. Математическое моделирование пульсирующего сердца с дефектом межжелудочковой перегородки / С. В. Фролов, Д. Е. Судаков, А. А. Коробов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2024. – № 2. – С. 82 – 101.

МНОГОМЕРНЫЕ МОДЕЛИ БИОИМПЕДАНСНОГО КАРТИРОВАНИЯ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЛЕГКИХ

А. В. Лях

Юго-Западный государственный университет, Курск, Россия
(e-mail: ShatOlg@mail.ru)

Целью данного исследования является усовершенствование методов биоимпедансного анализа для диагностики заболеваний легких. Дескрипторы для классификаторов медицинского риска (МР) формируются на основе моделей множества отведений с последующим определением параметров этих моделей. Такой подход позволяет наряду с анализом МР на выходе классификатора анализировать биоимпедансное изображение сечения биообъекта, получаемое посредством двух квазиортогональных отведений. Тем самым мы включаем в процесс принятия диагностического решения зрительный анализатор человека [1] и получаем возможность интегрировать объективные и субъективные решения в гибридном классификаторе [1].

Дескрипторы для классификаторов МР формировались путем использования результатов импедансной спектроскопии в двух квазиортогональных отведениях (рис. 1), посредством которой получают две амплитудно-фазово-частотные характеристики (АФЧХ), на основании которых получаем модели биоимпеданса [2].

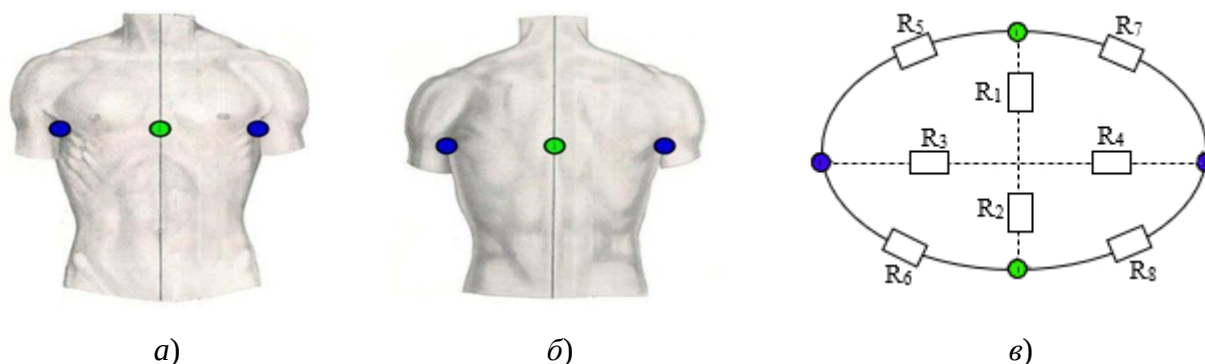


Рис. 1. Трехмерные проекции (а), (б) и (в), иллюстрирующие принцип формирования квазиортогональных отведений

На основе экспериментально полученных АФЧХ были построены биоимпедансные модели, позволяющие получать векторы дескрипторов для классификаторов МР. Модели биоимпеданса были получены посредством цепочки звеньев Войта [2]. Параметры звеньев Войта определялись из решений системы нелинейных алгебраических уравнений, полученных из экспериментальных АФЧХ-отведений посредством использования итерационных алгоритмов. Параметры этих моделей использовались как дескрипторы для обучаемых классификаторов МР [3]. Полученная многомерная модель дескрипторов используется для обучения нейронных сетей, выполняющих функции классификатора МР.

Для экспериментального исследования гибридного классификатора была сформирована экспериментальная группа по 60 пациентов на класс, в которую вошли больные пневмонией с четко поставленным диагнозом, и группа волонтеров без легочных патологий. Диагнозы кодировались символами «0» и «1». Для получения данных биоимпедансного анализа на грудную клетку пациента надевался электродный пояс, и определялись экспериментальные АФЧХ, соответствующие определенному отведению (сочетанию электродов). Показатели качества классификации МР лежали в пределах от 70 до 83% по разным метрикам и на разных контрольных выборках.

Таким образом, полученные результаты позволяют создавать системы поддержки принятия клинических решений по прогнозированию и диагностике заболеваний легких, основанные на многомерном многочастотном зондировании и нейросетевых моделях.

Библиографический список

1. Мультимодальный классификатор медицинского риска на основе многоэлектродного биоимпедансного преобразователя / А. В. Серебровский, Н. А. Корсунский, А. В. Лях и др. // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2024. – Т. 14, № 3. – С. 121 – 143.

2. Модели импеданса биоматериала для формирования дескрипторов в интеллектуальных системах диагностики инфекционных заболеваний / А. В. Мирошников, Н. С. Стадниченко, О. В. Шаталова, С. А. Филист // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2020. – Т. 8, № 4. – С. 1 – 14.

3. Филист, С. А. Гибридная нейронная сеть с макрослоями для медицинских приложений / С. А. Филист, О. В. Шаталова, М. А. Ефремов // Нейрокомпьютеры. Разработка и применение. – 2014. – № 6. – С. 35 – 39.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО УЗЛА ВЫВОДА РЕЛЬЕФНО-ТОЧЕЧНОГО СИМВОЛА ШРИФТА БРАЙЛЯ

А. В. Медведева, А. А. Нечай

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: schiki666@mail.ru; nechai2212@gmail.com)

Устройство для вывода рельефно-точечного шрифта Брайля представляет собой совокупность информационного барабана и подвижного механизма, где на каждой грани барабана размещается трехточечная решетка, вмещающая совокупность выпуклых и вогнутых поверхностей, при этом каждая размещенная совокупность уникальна относительно остальных, отличающаяся тем, что приводной механизм включает в себя червячное колесо и цилиндрический червяк (рис. 1).

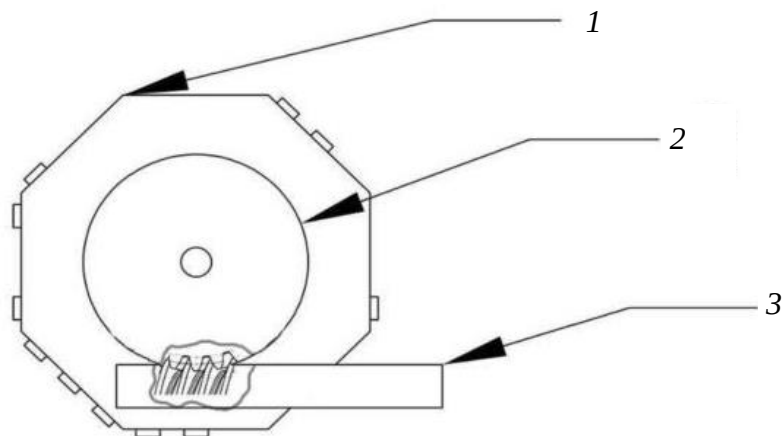


Рис. 1. Функциональный узел вывода рельефно-точечного шрифта Брайля:
1 – информационный барабан; 2 – червячное колесо; 3 – цилиндрический червяк

Данный функциональный узел может быть использован для создания устройств, предназначенных для адаптации слепых и слабовидящих пользователей, использующих рельефно-точечный шрифт Брайля для получения и передачи информации. Например, специальные адаптационные тренажеры, электронные книги или иная персональная техника.

Перспектива применения данного функционального узла относительно уже существующих аналогов раскрывается в нескольких аспектах.

Первый, и ключевой аспект, заключается в существенной экономии пространства внутри корпуса, что позволит создавать технику меньших габаритных размеров, сохраняя при этом соответствие действующему ГОСТ.

Вторым аспектом можно назвать энергосбережение, сформированное за счет вращения червячного колеса и, соответственно, информационного барабана исключительно в одном направлении, т.е., фиксация необходимого положения осуществляется без использования электроэнергии.

Третьим аспектом может являться экономическая составляющая. Представленное решение имеет сравнительно меньшую себестоимость относительно аналогичных предложений.

Существуют и иные перспективы применения, но, в рамках проведенной научно-исследовательской работы, их можно считать менее существенными, так как отсутствует практическая реализация, способная их подтвердить. При создании тестовой модели можно подтвердить гипотезу о повышении точности, увеличении быстродействия и создании длительного периода наработки на отказ.

Библиографический список

1. Пат. РФ № 2024129700, 01.10.2024. Функциональный узел вывода рельефно-точечного символа шрифта Брайля / Медведева А. В. // Патент России № 232197. – 2025. – Бюл. № 7.
2. Баграмова, Н. В. Информационные технологии в коррекционной педагогике : учебное пособие для вузов / Н. В. Баграмова. – СПб. : РГПУ им. А. И. Герцена, 2007. – 240 с.

3. Ермаков, В. П. Основы тифлопедагогики: развитие, обучение и воспитание детей с нарушением зрения : учебное пособие для вузов / В. П. Ермаков, Г. А. Якунин. – М. : Владос, 2000. – 240 с.

4. Зайцева, А. Г. Компьютерные технологии в обучении детей с нарушением зрения / А. Г. Зайцева // Дефектология. – 2003. – № 5. – С. 67 – 72.

ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКОГО КАБИНЕТА: ПРОБЛЕМА И РЕШЕНИЕ

Н. Р. Моргунов, Е. В. Сеченева, Т. А. Фролова

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: morgunov68ru@gmail.com)

Современный офтальмологический кабинет невозможно представить без высокоточной диагностической техники. Однако сам процесс его оснащения – это гораздо больше, чем просто покупка отдельных приборов. Это комплексная задача, требующая глубокого понимания потребностей врача, специфики клиники и возможностей бюджета. Специалисты сталкиваются с рядом трудностей: разнообразием моделей на рынке, существенными различиями в качестве оборудования, нехваткой объективной информации для анализа и, конечно, высокой стоимостью. Найти оптимальный вариант, который будет одновременно надежным, удобным и доступным по цене, часто оказывается непросто [1 – 5].

Оснащение кабинета напрямую влияет на качество диагностики и комфорт работы врача. Неверный выбор приборов может не только увеличить финансовые затраты в будущем, но и снизить точность обследований, что важно для здоровья пациентов.

Чтобы упростить процесс выбора и минимизировать риски, мы предлагаем два основных подхода:

Индивидуальный подбор оборудования для врачей и клиник, желающих самостоятельно сформировать свой набор диагностических инструментов – удобная система фильтрации и сравнения. Этот инструмент помогает быстро ориентироваться в ассортименте, выделять модели по заданным критериям и анализировать их сильные и слабые стороны. Пользователь может пошагово выбирать оборудование, исходя из своих профессиональных задач, что особенно важно для тех, кто ищет решения под конкретный профиль работы (например, углубленную диагностику сетчатки или сосудистых патологий).

Комплексные готовые решения для тех, кто хочет получить эффективный результат без долгого анализа каждой позиции – готовые комплекты оснащения кабинетов. Эти решения разработаны с учетом реальных запросов медицинского сообщества и включают оптимальный набор приборов, позволяющий обеспечить базовый, продвинутый или премиальный уровень диагностики.

Готовые комплекты особенно удобны для новых клиник или врачей, которые хотят быстро открыть практику, не теряя времени на подбор каждого элемента. Кроме того, они помогают избежать распространенных ошибок при комплектации, так как все приборы в наборах подобраны с учетом совместимости и реальных клинических задач.

Оснащение кабинета напрямую определяет не только уровень медицинской помощи, но и эффективность работы врача, его профессиональный имидж и доверие пациентов. Грамотно подобранные приборы экономят время на приеме, повышают точность постановки диагнозов и создают комфортные условия для пациента.

Наши решения позволяют сделать процесс выбора простым, прозрачным и результативным. Независимо от того, решаете ли вы собрать оборудование самостоятельно или предпочитаете готовые комплекты, наша цель – обеспечить вас инструментами, которые помогут развивать практику, повышать качество медицинских услуг и уверенно работать в любых условиях.

Библиографический список

1. Проскурин, С. Г. Детектирование поглощающей неоднородности в биологическом объекте при регистрации рассеянных фотонов / С. Г. Проскурин, А. Ю. Потлов, С. В. Фролов // Медицинская техника. – 2012. – № 6(276). – С. 1 – 5.
2. Proskurin, S. G. Visualization of Blood Vessels by Means of Optical Coherence Tomography / S. G. Proskurin, S. V. Frolov // Biomedical Engineering. – 2012. – V. 46(3). – P. 96 – 99.
3. Проскурин, С. Г. Визуализация кровеносных сосудов при помощи оптической когерентной томографии / С. Г. Проскурин, С. В. Фролов // Медицинская техника. – 2012. – № 3(273). – С. 9 – 14.
4. Использование эффективных систем позиционного регулирования для задач медицинской техники / С. В. Фролов, К. С. Савинова, А. Ю. Куликов, И. А. Суконкин // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2022. – № 2. – С. 50 – 62.
5. Frolov, S. V. Doppler Mapping of Blood Flow in Soft Biological Tissues Based on Digital Processing of Raw Data Obtained by Real-Time Optical Coherence Tomography / S. V. Frolov, A. Y. Potlov // Biomedical Engineering. – 2021. – V. 55(2). – P. 79 – 83.

ПЕРСПЕКТИВЫ ФОРМИРОВАНИЯ «РОЗОВОГО» ШУМА ИЗ АУДИОСИГНАЛА С ЗАИКанием

А. А. Нечай, А. В. Медведева

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: nechai2212@gmail.com; schiki666@mail.ru)

В качестве технического метода коррекции заикания используется специальное устройство, принцип которого основан на посменном звуковом воздействии на пользователя через встроенный наушник. Методы воздействия на пользователя у существующих систем следующие:

- заглушение собственной речи посредством запуска «белого шума»;
- воспроизведение собственной речи с задержкой для создания эффекта «эхо»;
- звукоусиливающий аппарат, предназначенный для увеличения громкости собственной речи;
- метроном, обеспечивающий темпо-ритмическую реорганизацию речи.

Перечисленные методы могут быть использованы по одиночке или же в комплексе, в зависимости от запросов пользователя и подобранной специалистом методики коррекции заикания в индивидуальном порядке.

Учитывая проведенные в рамках научной работы исследования, можно сделать вывод о том, что универсальным терапевтическим эффектом можно считать последовательное использование звукозаглушения и «метронома».

Однако, полученные в рамках исследования результаты, демонстрируют большую эффективность применения «розового» шума, нежели более привычного «белого». Данный фактор связан с, так называемой, естественностью и природностью звучания. Также было отмечено повышенное воздействие на те зоны мозга, где располагаются «патологии заикания».

Привлекательность «розового» шума связана и с тем, что его можно сформировать из речи говорящего в моменте. Плотность звучания будет откликаться интенсивности заикания. Пример можно увидеть на рис. 1.

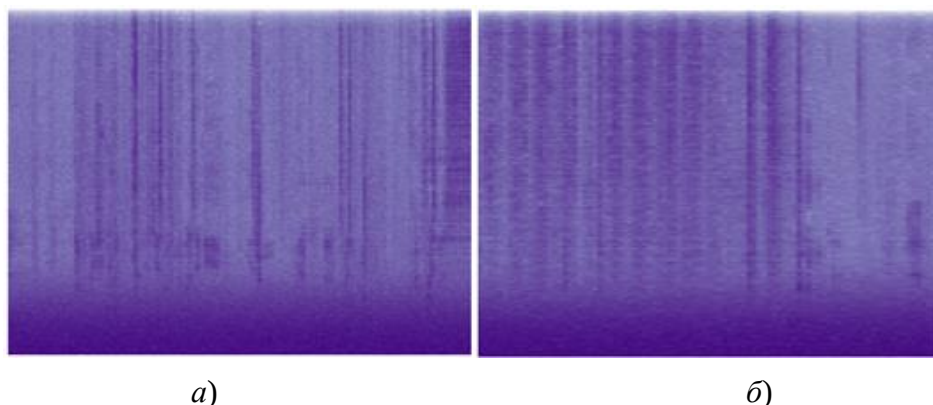


Рис. 1. «Розовый» шум, сформированный из аудиофайла со слабым заиканием и простой речью (а) и исключительно активным эпизодом заикания (б)

Отталкиваясь от представленных спектральных изображений, можно сделать вывод о том, что при построении «розового» шума на основе речи говорящего, получаемый аудиосигнал будет полностью отвечать той степени заикания, которая существует на данный момент. Данная методология может быть успешно использована в рамках построения самостоятельной системы реагирования на основе нейронных сетей.

Библиографический список

1. Арутюнян, С. П. Преодоление заикания у подростков и взрослых: комплексный подход / С. П. Арутюнян. – М. : В. Секачев, 2010. – 208 с.
2. Гребенникова, О. В. Использование «розового шума» в коррекции заикания у детей дошкольного возраста / О. В. Гребенникова // Специальное образование : материалы XIV Междунар. науч. конф. – 2018. – С. 45 – 48.
3. Миссуловин, Л. Я. Заикание и методы его устранения / Л. Я. Миссуловин. – СПб. : Каро, 2004. – 224 с.
4. Селиверстов, В. И. Заикание у детей: психокоррекционные и дидактические основы логопедического воздействия / В. И. Селиверстов. – М. : Владос, 2000. – 208 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭФФЕКТА РЕЗОНАНСА В ФИЗИОТЕРАПИИ

Д. В. Панькин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: pankin112@bk.ru)

Резонанс является одним из самых распространенных и частых физических явлений во Вселенной, звук, электроника, механика, подчиняются закону резонанса. Каждая материальная система характеризуется собственными резонансными частотами, а положение систем определяется в частотном спектре электромагнитных колебаний, что обеспечивает индивидуальные резонансные свойства для каждого конкретного вещества.

Организм человека существует в таких же условиях, где разные органы имеют свою частоту и свою частоту резонанса, значит, резонансное устройство может использоваться для настройки резонансной частоты каждого органа, что активно используется в диагностике, также это может быть применимо в физиотерапии, например, для лучшего проникновения лекарственного раствора в определенный участок тела [1 – 3]. Благодаря точному соответствию частоте биологических тканей лечение может стать эффективней, вдобавок к повышению эффективности. Лечение с подбором частоты является неинвазивным, вследствие чего применение в медицине облегчается, а справиться с подобным физиотерапевтическим оборудованием сможет младший медицинский персонал.

Современные исследования демонстрируют, что гармоничные вибрационные частоты оказывают регуляторное воздействие на физиологические системы организмов. В ходе исследований было установлено, что специфически подобранные частотные характеристики и параметры среды передачи вызывают выраженные резонансные эффекты в живых системах. Примечательно, что вибрационные частоты различных органов и функциональных систем организма проявляют десятикратную градацию по шкале частот.

Помимо отдельных основных частот колебаний, существуют также в 10 раз более высокие гармонические частоты. Согласно спектральному анализу доктора Роберта Беккера, частота частей тела здорового человека составляет 52...72 МГц, если взять в качестве примера точку резонанса 57, то части тела резонируют с разными частотами с 10-кратной разницей, такими как 57, 570, 5,7, 57, 570 МГц (рис. 1).

Сейчас сбор и анализ больших данных не стал проблемой, и в связи с этим следующей ступенью развития физиотерапии, возможно, станет персонализированная резонансная терапия, в сочетании с искусственным интеллектом и базами данных со снятыми показателями. Могут быть реализованы индивидуальные программы резонансной терапии, основанные на индивидуальных характеристиках пациента, для повышения эффективности и уменьшения побочных эффектов.

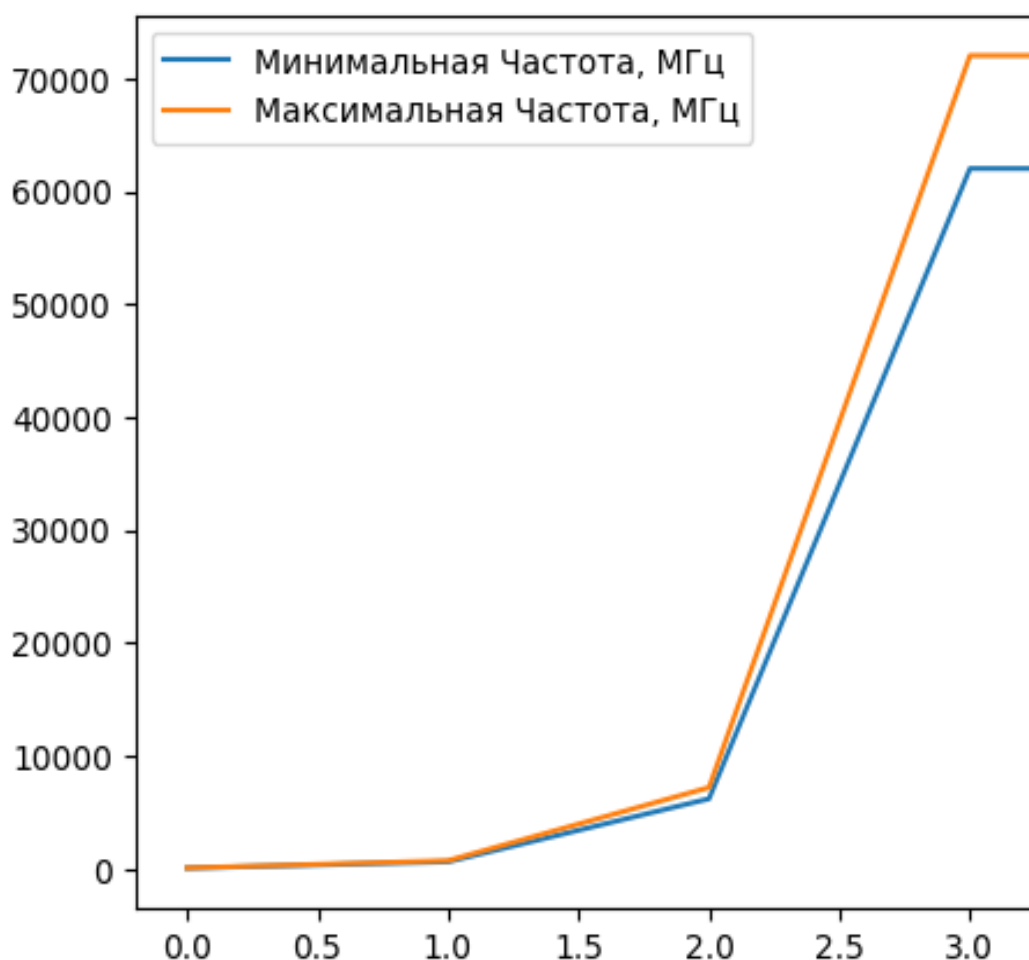


Рис. 1. Пример частоты частей тела здорового человека

Применение эффекта резонанса в медицине и физиотерапии стремительно развивается. В будущем, с развитием технологий, резонансная терапия, как ожидается, будет играть более важную роль, предоставляя пациентам более эффективные варианты лечения.

Библиографический список

1. Перов, Ю. Ф. Биорезонансная терапия / Ю. Ф. Перов, Л. В. Чернецова. – 4-е изд. – М. : ИМЕДИС, 2019. – 256 с.
2. Фролова, Т. А. Information Models of a Medical Device for its Evaluation / Т. А. Фролова, М. С. Фролова, И. А. Толстухин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 587 – 591.
3. Фролова, М. С. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении / М. С. Фролова, С. В. Фролов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 553 – 561.

АЛГОРИТМ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ МОДЕЛИ БИОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗАТОРА

И. А. Попов, Т. А. Фролова

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail:popovigor99@gmail.com)

Оснащенность лабораторий требует тщательного подхода, поскольку от правильного выбора оборудования зависят точность, скорость и экономичность выполнения анализов [1]. Особенно важными являются такие устройства, как биохимические анализаторы, которые отличаются высокой сложностью конструкции и стоимостью. Задача настоящего исследования состоит в разработке алгоритма выбора оптимальной модели биохимического анализатора.

На рисунке 1 представлена информационная модель биохимического анализатора на языке программирования UML.

В данной информационной модели присутствуют 5 типов атрибутов, которые характеризуют определенные технические характеристики анализатора: Boolean, Integer, Float, Interval, String. Также тип Float характеризует стоимость ИМТ.

Биохимические анализаторы имеют i количество моделей. Каждая модель $i = \overline{1, I}$ имеет ряд технических характеристик, B_i принимает значения типа Boolean, G_i принимает значения типа Integer, F_i принимает значения типа Float, H_i принимает значения типа Interval, P_i принимает значения типа String, стоимость каждой модели – S_i . Для выбора оптимальной модели биохимического анализатора составляется техническое задание, имеющее ряд технических характеристик B, G, F, H, P и задается определенная стоимость S , которая может быть использована для закупки. Из всех моделей анализаторов выбирается одно изделие, соответствующее следующему требованию $B_i \geq 90\%B, G_i \geq 90\%G, F_i \geq 90\%F, H_i \geq 90\%H, P_i \geq 90\%P, S_i \leq S$.

На рисунке 2 представлен алгоритм выбора оптимальной модели биохимического анализатора.

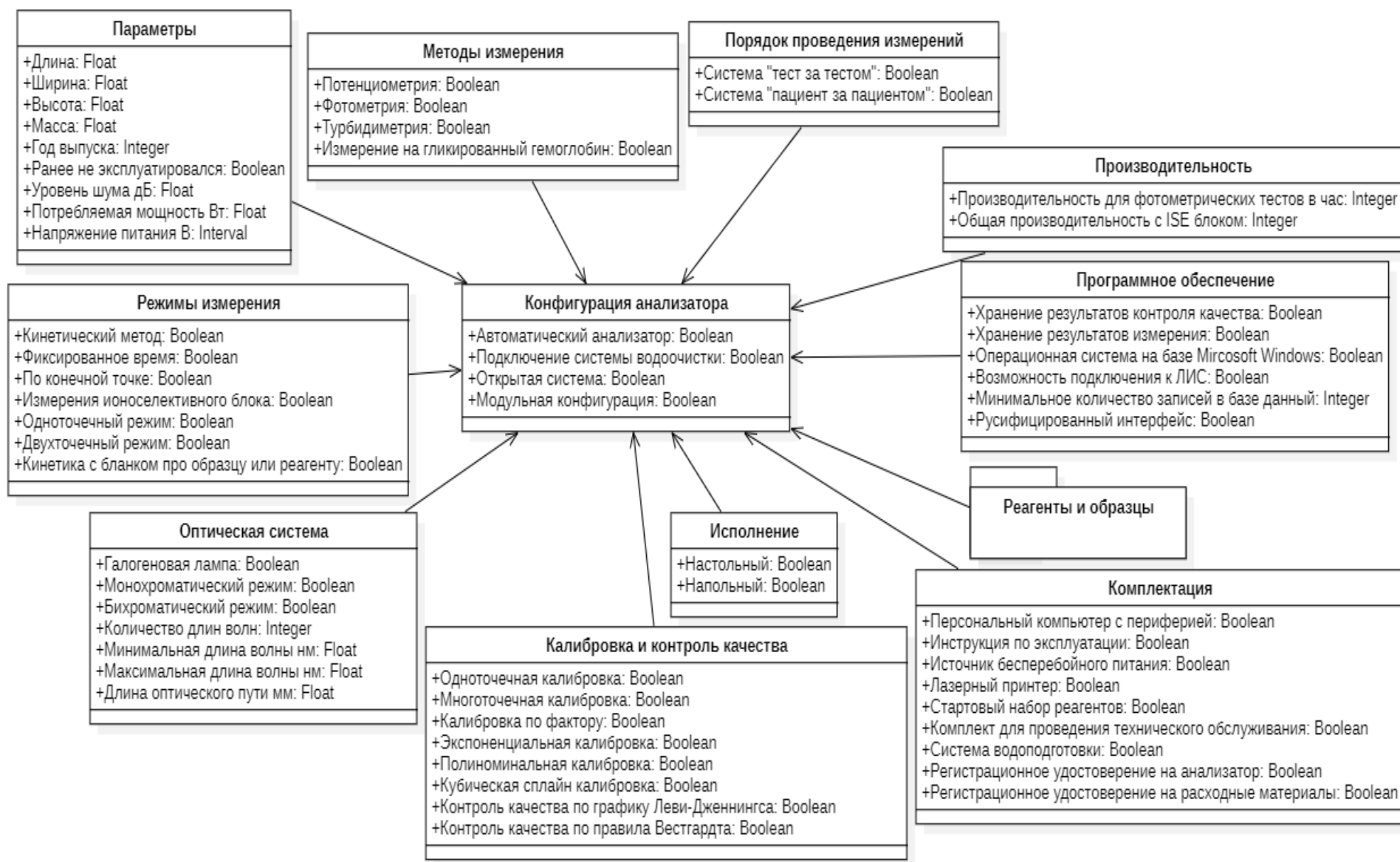


Рис. 1. Диаграмма классов биохимического анализатора

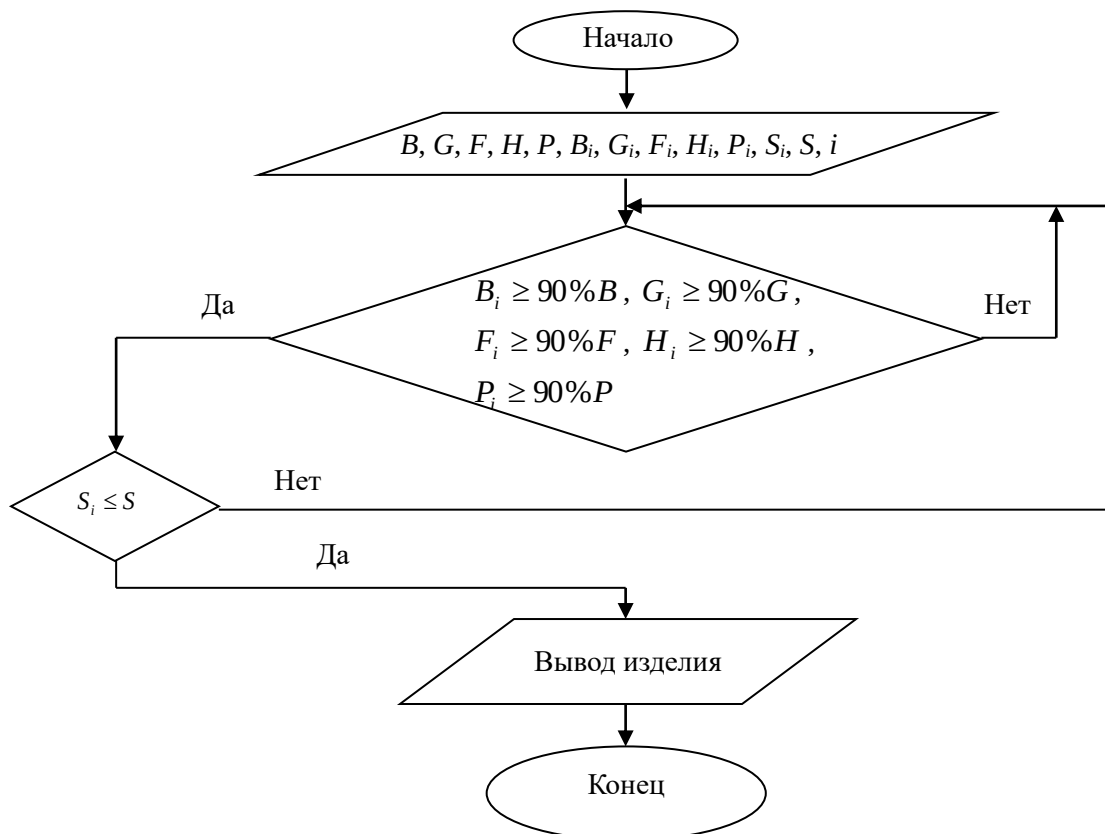


Рис. 2. Алгоритм выбора

В результате данной работы была разработан алгоритм выбора оптимальной модели биохимического анализатора. В дальнейшем данный алгоритм будет использован для построения математической модели биохимического анализатора.

Библиографический список

1. Фролова, М. С. Системы поддержки принятия решений для задач оснащения лечебных учреждений медицинской техникой / М. С. Фролова, С. В. Фролов, И. А. Толстухин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – Специальный выпуск 52. – С. 106 – 111.

АНАЛИЗ РЕЧЕВОГО СИГНАЛА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА

А. С. Котенко, Д. А. Кравчук

Южный федеральный университет, Инженерно-технологическая академия,
Таганрог, Россия

(e-mail: akotenko@sfedu.ru; Kravchukda@sfedu.ru)

Введение. Учитывая стремительное развитие информационных, речевых технологий, а также технологий с применением нейронных сетей, можно сказать, что метод определения психоэмоционального состояния по речевому

сигналу является современным подходом к проблеме выявления психоэмоциональных расстройств [1].

Анализ речевого сигнала. При анализе речевого сигнала выявлено, что при различных эмоциональных спектрах можно наблюдать изменение его частотных, временных и спектральных параметров [2].

Анализ речевого сигнала проводится по его спектрограмме, которую можно получить с помощью преобразования в Matlab.

Спектрограмма речевого сигнала представляет собой двумерное графическое изображение, где на вертикальной оси отложены частоты, а на горизонтальной – время. Интенсивность каждой точки на спектрограмме указывает на амплитуду речевого сигнала на конкретной частоте в заданный момент времени. Это изображение выполнено в оттенках серого (рис. 1) [3].

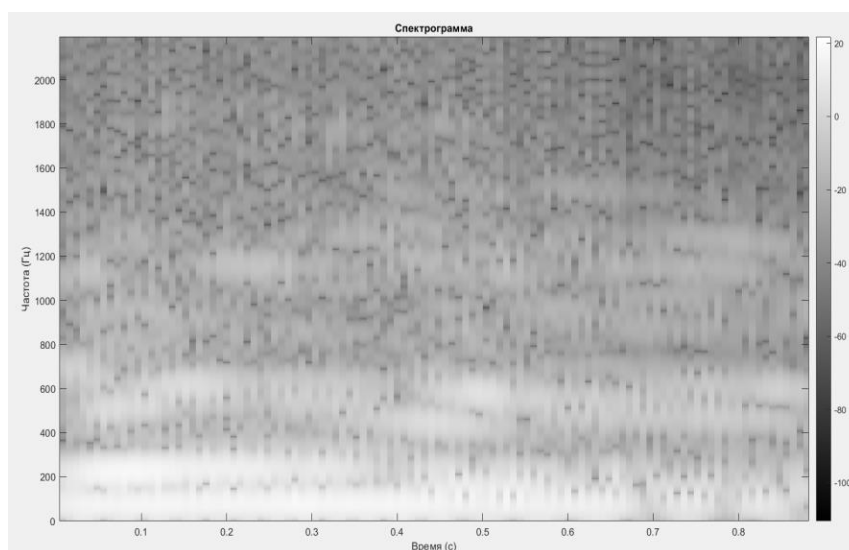


Рис. 1. Спектрограмма речевого сигнала в Matlab

По полученной спектрограмме можно оценить основные параметры, изменяющиеся в зависимости от эмоции, которую испытывает в данный момент человек: частота основного тона, средняя амплитуда сигнала. Таким способом проще всего анализировать звуки отдельных гласных букв в речи [4].

При помощи программных средств Matlab процесс получения и анализа спектрограмм речевого сигнала можно автоматизировать [5], а с использованием нейронных сетей можно создать такую систему, которая будет по речи сама определять какую эмоцию сейчас испытывает человек.

Также, для большей визуализации эмоциональной составляющей речевого сигнала можно использовать аттракторы. Их форма и наполнение будут меняться в зависимости от определенных эмоций в речевом сигнале.

Библиографический список

1. Панченко, А. А. Диагностика психофизиологического состояния человека на основе речевого сигнала : сб. тр. XXXV сессии Российского акустического общества, Москва, 13 – 17 февраля 2023 года / А. А. Панченко, Д. А. Кравчук. – М., 2023. – С. 112 – 117.

2. Кравчук, Д. А. Разработка метода распознавания эмоций по речевому сигналу / Д. А. Кравчук // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2024. – Т. 14, № 2. – С. 72 – 80.

3. Мясникова, Е. Н. Объективное распознавание звуков речи / Е. Н. Мясникова. – 1-е изд. – СПб. : Энергия, 1997. – 151 с.

4. Картавенко, М. В. Об использовании акустических характеристик речи для диагностики психических состояний человека / М. В. Картавенко // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2005 – № 5 – С. 49 – 56.

5. Разработка алгоритма обработки речевых сигналов для определения информативно значимых параметров пограничных психических расстройств / А. К. Алимуратов, А. Ю. Тычков, П. П. Чураков, А. В. Агейкин // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2017. – № 3 – С. 4 – 25.

АНАЛИЗ РАБОТОСПОСОБНОСТИ БЮДЖЕТНОГО ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНОГО ТОМОГРАФА ИЗ ОТКРЫТЫХ ИСТОЧНИКОВ

К. И. Новоселов, К. С. Бразовский

Томский политехнический университет, Томск, Россия
(e-mail: kin2@tpu.ru; mbc@tpu.ru)

Электроимпедансная томография (ЭИТ) – это перспективный метод визуализации внутренних структур биообъектов, отличающийся компактностью, невысокой стоимостью и малым временем диагностики. В настоящее время область ЭИТ недостаточно хорошо изучена. Существующие ЭИТ-системы [1, 2] – сложные и дорогие устройства, что ограничивает доступность исследований. В данной работе проведен анализ работоспособности бюджетного варианта томографа, который можно изготовить по данным из открытых источников [3].

В исходную схему было внесено несколько конструктивных изменений с целью исправления недочетов проектирования.

1. Добавлен источник тока для увеличения устойчивости к шумам путем использования дифференциального сигнала.

2. Для возможности корректно настраивать схему балансирующий резистор R_3 источника тока перенесен с не инвертирующего входа на инвертирующий.

3. Операционные усилители ОРА37 заменены на ОРА27, поскольку первые не имеют внутренней компенсации и не могут быть использованы в качестве повторителей напряжения.

4. Добавлена дорожка питания (VSS) мультиплексора U5, которая в исходной схеме [3] не была проложена.

Следующие отличия от оригинала обусловлены характеристиками используемого цифрового модуля общего назначения E14-140M от отечественной компании LCard:

1) используется 8 каналов вместо 16. Это обусловлено нехваткой цифровых выходов на E14-140M;

2) частота зондирующего сигнала 1...3 кГц, вместо 1...50 кГц.

Внешний вид томографа представлен на рис. 1, *а*. Исследования проводились на двух фантомах: имитирующем черепную коробку и цилиндрической формы. Реконструировались изображения пластикового цилиндра в различных положениях относительно фантомов. Алгоритм реконструкции, основанный на методе Гаусса-Ньютона, взят из пакета EIDORS. Результаты реконструкции представлены на рис. 2, *б*, *в*. Измеренное во время исследований на цилиндрическом фантоме соотношение сигнал-шум составило для разных пар электродов от 26 дБ до 41 дБ. Выходное сопротивление источников тока составило: 289 ± 42 кОм и 322 ± 5 кОм.

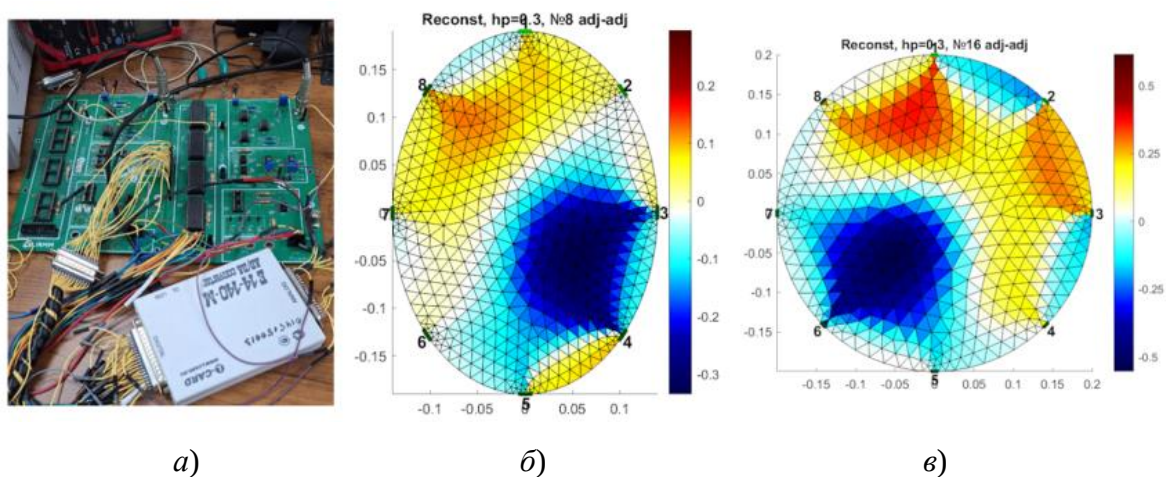


Рис. 1. Лабораторный макет электроимпедансного томографа (*а*), пример реконструкции на черепном фантоме (*б*) и цилиндрическом фантоме (*в*)

Полученные результаты говорят о низкой работоспособности представленного томографа. Результаты реконструкции можно улучшить при использовании более производительного, чем E14-140M, управляющего модуля, за счет повышения частоты дискретизации сигналов и увеличения количества электродов до 16. Тем не менее, это не решит фундаментальную проблему низкого выходного сопротивления источника тока.

Представленный вариант томографа не применим для высокоточных измерений. Однако, его относительно низкая стоимость (около 150 000 руб.) делает его привлекательным для использования в качестве лабораторного макета для быстрой проверки гипотез и обучения новых исследователей, погружающихся в тему электроимпедансной томографии.

Библиографический список

1. Teschner, E. Electrical Impedance Tomography: The realisation of regional ventilation monitoring 2nd edition / E. Teschner, M. Imhoff, S. Leonhardt.

2. A 122 fps, 1 MHz Bandwidth Multi-Frequency Wearable EIT Belt Featuring Novel Active Electrode Architecture for Neonatal Thorax Vital Sign Monitoring / Y. Wu, D. Jiang, A. Bardill, et al. // IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems. – 2019. – V. 13, No. 5. – P. 927 – 937.

3. Brazey, B. An Open-Source and Easily Replicable Hardware for Electrical Impedance Tomography / B. Brazey, Y. Haddab, N. Zemiti и др. // HardwareX. – 2022. – V. 11. – P. e00278.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МОДЕЛИ НЕОНАТАЛЬНОГО ИНКУБАТОРА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

К. С. Савинова

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: savinova.k94@mail.ru)

Неонатальные инкубаторы играют ключевую роль в обеспечении оптимальных условий для выхаживания недоношенных, маловесных или больных новорожденных. Современные модели неонатальных инкубаторов имеют ряд недостатков, связанных с несовершенством систем поддержания оптимального микроклимата, контроля жизнеобеспечения и профилактикой инфекционных осложнений. Следовательно, возникает потребность в создании инкубаторов, которые будут сочетать в себе передовые технологии, высокую надежность, безопасность и комфорт для ребенка, а также удобство использования медицинским персоналом [1].

Для исследования и оценки эффективности современных алгоритмов управления предлагается создать инновационную модель неонатального инкубатора, сочетающую в себе перспективные методы управления параметрами микроклимата (температура, влажность, уровень освещенности концентрации кислорода) на основе нейронных сетей и мониторинг жизненных показателей ребенка.



Рис. 1. Общий вид экспериментальной модели неонатального инкубатора с использованием гидродинамического фантома новорожденного

Проведенный анализ существующих конструктивных решений и функциональных характеристик неонатальных инкубаторов позволил разработать структурную и электрическую схемы, а также подобрать электронные компоненты и современные датчики для контроля параметров внутренней среды инкубатора. В результате на базе одноплатного микрокомпьютера «Raspberry Pi 4 Model B» был реализован опытный образец неонатального инкубатора (рис. 1), в котором используется полноростовой гидродинамический фантом новорожденного с имитацией системы кровообращения. Экспериментальная установка представляет собой взаимосвязанную систему из объекта управления – неонатального инкубатора Amelie фирмы ARDO, блока управления внутренней средой в инкубаторе, гидродинамического фантома и блока его управления [2]. Фантом новорожденного был изготовлен с применением технологий 3D-печати на фотополимерном принтере и последующим литьем двухкомпонентным силиконом с вкраплением медной стружки для имитации теплофизических свойств кожи.

Созданная экспериментальная модель позволит оценить эффективность различных алгоритмов управления, что, в свою очередь, значительно повысит качество ухода за новорожденными детьми высокой группы риска, снизит частоту осложнений и смертность среди данной категории пациентов. Этапы настройки авторского алгоритма управления, реализованного в установке, приведены в работах [3]. Разработанная конструкция открывает перспективы массового производства и внедрения усовершенствованных устройств в лечебные учреждения различного профиля.

Библиографический список

1. Современное состояние и тенденции в области исследований и разработок неонатальных инкубаторов / С. В. Фролов, А. А. Коробов, К. С. Савинова, А. Ю. Потлов // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2023. – Т. 11, № 4(43).
2. Экспериментальная установка для исследования особенностей управления микроклиматом в неонатальных инкубаторах с использованием гидродинамического фантома новорожденного / С. В. Фролов, А. Ю. Потлов, А. А. Коробов и др. // Биомедицинская радиоэлектроника, 2024. Т. 27, № 2. – С. 52 – 59.
3. Neural Network Control of Environmental Parameters in Neonatal Incubators / S. V. Frolov, A. Yu. Potlov, A. A. Korobov, K. S. Savinova // Proceedings of 2023 4th International Conference on Neural Networks and Neurotechnologies, NeuroNT. – 2023. – P. 21 – 24.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ ПОГЛОЩЕНИЯ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ РАСТВОРОМ САХАРА

Н. О. Сорока, Д. С. Баршутина

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: aspirs@yandex.ru)

Исследование содержания сахара в водных растворах является актуальной задачей в медицине для контроля сахара в крови и в промышленности при его производстве. Для производственного контроля сахара можно использовать метод, использующий способность сахара поглощать инфракрасное излучение.

Поглощение излучения сахаром происходит за счет возбуждения молекул внешним излучением с энергией, не меньшей энергии перехода из квазистационарного в возбужденное состояние. Для расчета интенсивности излучения или поглощения в спектре сахара необходимо определить концентрацию, подлежащую контролю.

Измерение сахара в сахарной свекле определяется в пределах 0,52...0,64 моль/л. Таким образом, минимальная концентрация, которая подлежит измерению, соответствует 0,5 моль/л.

Помимо концентрации, необходимо определить геометрические характеристики объекта исследования, а именно толщину исследуемого участка и площадь активной поверхности датчика.

Проведем расчеты возможной интенсивности поглощения при минимальной концентрации с заданной толщиной образца и диаметром активной части фотодиода.

Определяем объем исследуемого вещества

$$V = \frac{2d^2\pi}{4}. \quad (1)$$

Количество молекул глюкозы в объеме V

$$n_{\text{гл}} = N_a V. \quad (2)$$

Энергия поглощения молекулы глюкозы

$$E = \frac{ch}{\lambda}. \quad (3)$$

Вероятность возбуждения молекулы глюкозы. Сечение возбуждения определяется по формуле:

$$\sigma_{\text{гл}} = \frac{\pi d_{\text{гл}}^2}{4}. \quad (4)$$

Среднее расстояние между молекулами глюкозы:

$$a = \sqrt[3]{\frac{V}{n_{\text{гл}}}}, \quad (5)$$

Среднее количество слоев молекул глюкозы в растворе:

$$n_{\text{сл}} = \frac{h}{a}. \quad (6)$$

Вероятность возбуждения молекулы одним фотоном при прохождении его через объект исследования с заданной толщиной

$$P = \frac{\sigma n_{\text{сл}}}{a^2}. \quad (7)$$

Таким образом, можно вычислить вероятность поглощения фотона при заданной толщине. Главным препятствием в процессе поглощения является присутствие уже возбужденной молекулы, которая не способна поглотить фотон.

Изучим динамический процесс возбуждения и обратный переход в квазистационарное состояние.

Ключевым параметром в анализируемых процессах является время жизни возбужденного состояния.

Общее количество энергии, которое одна молекула может рассеять за одну секунду. Этот показатель соответствует мощности рассеивания

$$P_1 = \frac{E}{t_{\text{ж}}}. \quad (8)$$

Соответственно, объем V исследуемого объекта может рассеивать:

$$P_{\Sigma} = P_1 n_{\text{гл}}. \quad (9)$$

При использовании рассеянного излучения P_{Σ} учитывается только то, что достигает датчика. Рассеянное излучение может быть поглощено водой, что приводит к безизлучательному переходу с трудной оценкой вероятности.

Библиографический список

1. Golic, M. Short-Wavelength Near-Infrared Spectra of Sucrose, Glucose, and Fructose with Respect to Sugar Concentration and Temperature / M. Golic, K. Walsh, P. Lawson // Appl. Spectrosc. – 2003. – No. 57. – P. 139 – 145.

СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ И РЕШЕНИЯ В ОСНАЩЕНИИ ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКОГО КАБИНЕТА

Е. В. Сеченева, Н. Р. Моргунов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: ekaterina48_48_secheneva@mail.ru)

Оснащение офтальмологического кабинета современным медицинским оборудованием представляет собой сложную задачу, связанную с целым рядом актуальных вызовов. Среди основных трудностей выделяются высокая стоимость техники, быстрое моральное устаревание приборов, сложность интеграции оборудования в цифровую инфраструктуру клиник и отсутствие единого ресурса для подбора аппаратуры [1 – 6].

Современное офтальмологическое оборудование отличается высокой точностью и технологической сложностью, что делает его дорогим и требует регулярного обновления. При этом рынок предлагает множество моделей с минимальными отличиями в характеристиках, что затрудняет выбор, особенно в условиях отсутствия единой базы данных. Дополнительные сложности возникают при необходимости интеграции новых устройств с электронными медицинскими картами и облачными сервисами, которые становятся неотъемлемой частью медицинской практики.

Одним из вызовов является также выбор между стационарными и портативными устройствами: стационарные комплексы обеспечивают более высокую точность и широкий функционал, но требуют больших пространств и затрат на установку, тогда как мобильные приборы удобнее в использовании, но могут уступать в диагностических возможностях.

Для решения этих проблем предлагается создание специализированной веб-платформы, которая обеспечит удобный поиск, фильтрацию и сравнение оборудования по ключевым параметрам. Такая платформа позволит ускорить процесс выбора и сделает его более осознанным. Дополнительно важно привлекать внешнее финансирование через государственные программы и гранты, а также выбирать оборудование с модульной архитектурой, способной адаптироваться к новым требованиям без полной замены техники.

Особое внимание следует уделить совместимости нового оборудования с существующими медицинскими системами, чтобы обеспечить эффективную цифровую интеграцию. Также важно организовать обучение персонала, что позволит максимально быстро и эффективно внедрять новые технологии в клиническую практику.

Таким образом, правильная стратегия оснащения офтальмологического кабинета должна включать разумный выбор техники, использование цифровых решений для упрощения поиска оборудования и постоянное повышение квалификации специалистов, что в комплексе обеспечит высокий уровень диагностики и лечения заболеваний органов зрения.

Библиографический список

1. Frolov, S. V. Doppler Mapping of Blood Flow in Soft Biological Tissues Based on Digital Processing of Raw Data Obtained by Real-Time Optical Coherence Tomography / S. V. Frolov, A. Y. Potlov // *Biomedical Engineering*. – 2021. – V. 55(2). – P. 79 – 83.
2. Potlov, A. Yu. A Method for Evaluation of Absolute and Relative Blood Flow Velocities in Soft Biological Tissues Using Optical Coherence Tomography / A. Yu. Potlov, S. V. Frolov, S. G. Proskurin // *Proceedings of SPIE 11845, Saratov Fall Meeting 2020: Optical and Nanotechnologies for Biology and Medicine, 118450N* (2021).
3. Коновалова, К. Н. Перспективы использования достижений робототехники в офтальмологии / К. Н. Коновалова, Т. А. Фролова // *Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах* :

тез. 3-й Междунар. конф. с элементами научной школы. – Тамбов, 2016. – С. 399–400.

4. Фролова, Т. А. Информационные модели для оценки медицинского устройства/ Т. А. Фролова, М. С. Фролова // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Вып. 4, Т. 3. – С. 123 – 128.

5. Фролова, М. С. Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода / М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 4(58). – С. 139 – 145.

6. Фролова М. С., Фролов С. В. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении / М. С. Фролова, С. В. Фролов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 553 – 561.

ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ДЫХАНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СИСТЕМНЫХ РИТМОВ

М. К. Скворцов, Д. А. Фатнев, Е. А. Старцев

Юго-Западный государственный университет, Курск, Россия
(e-mail: m.k.skvortsov@gmail.com)

Синхронизм кардиосистемы и системы дыхания (СД) является важным показателем функционального состояния СД и сердечно-сосудистой системы, который наряду с такими известными диагностическими тестами, как пробы Штанге и Генчи, позволяет выявить скрытые нарушения и оценить адаптационные возможности организма [1]. Оценка синхронизма может быть основана на сравнении мощностей спектров ритма дыхания, полученных из поверхностной электромиограммы дыхательных мышц и кардиосигнала или на селекции этих ритмов в спектре кардиосигнала [1, 2]. Селекция этих ритмов в спектральной области позволяет формировать дескрипторы для обучаемых классификаторов функционального состояния СД путем оценки распределения векторов, полученных в пространстве вейвлет-коэффициентов поверхностной электромиограммы дыхательных мышц и кардиосигнала, дислоцируемых на вейвлет-плоскостях в области ритма дыхания.

Синхронизм кардиореспираторной системы определяется на основе анализа синхронной записи электромиосигнала дыхательных мышц $x(t)$ и кардиосигнала $y(t)$ на апертуре 60...120 с и определения их дискретных оконных преобразований Фурье. Дискретные оконные преобразования Фурье определяются в $N - m_1$ окнах этих сигналов, где N – число дискретных отсчетов на апертуре наблюдения сигналов, m_1 – число отсчетов в окне; амплитудные спектры X_i и Y_i дискриминируется по частоте путем удаления из спектров отсчетов

частот, которые лежат ниже или выше полосы частот, занимаемой ритмом дыхания. Затем над оставшимися отсчетами осуществляется амплитудная дискриминация, заключающуюся в том, что спектральные коэффициенты, величина которых ниже заданного порога, обнуляются, а затем для каждой пары отсчетов оконного преобразования Фурье с номером n определяются показатели кардиореспираторного синхронизма по формуле

$$k_n = \frac{m_2}{\sum_{j \in \Theta_{1n}} X_{jn} \cdot \sum_{j \in \Theta_{2n}} Y_{jn}} \sum_{j \in \{\Theta_{1n} \cap \Theta_{2n}\}} X_{jn} \cdot Y_{jn} \quad (1)$$

где m_2 – ширина окна оконного преобразования Фурье в отсчетах после частотной селекции, X_{jn} и Y_{jn} – отсчеты спектральных составляющих кардиосигнала и *RMS* электромиосигнала после амплитудной дискриминации в окне с номером n , Θ_{1n} – множество номеров отсчетов $\{X_{jn}\}$, Θ_{2n} – множество номеров отсчетов $\{Y_{jn}\}$, предназначенные для формирования входного вектора у классификаторов функционального состояния кардиореспираторной системы.

Функциональное состояние СД определяют классификатором, построенным на основе логистической модели [1, 3]

$$P(R=1|K) = \frac{\exp(z)}{1 + \exp(z)}, \quad (2)$$

где $P(R=1|K)$ – вероятность того, что бинарный результат R (риск) равен 1 при заданном векторе синхронизма K ; K – вектор информативных признаков, компоненты которого равны выходам корреляторов 15; $z = a_0 + a_1 k_1 + a_2 k_2 + \dots + a_n k_n + \dots + a_{N-m1} k_{N-m1}$; $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n, \dots, a_{N-m1}$ – настраиваемые параметры модели, которые определяются в ходе обучения.

Библиографический список

1. Метод классификации функционального состояния системы дыхания, основанный на контроле показателей кардиореспираторного синхронизма / А. В. Киселев, С. А. Филист, Х. А. Х. Алавсии др. // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2024. – Т. 27, № 2. – С. 5 – 12.
2. Classifier for the Functional State of the Respiratory System Via Descriptors Determined by Using Multimodal Technology / S. A. Filist, R. T. Al-kasasbeh, O. V. Shatalova, et al. // Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering.
3. Классификации функционального состояния системы дыхания на основе анализа кардиореспираторного синхронизма / С. А. Филист, А. А. Кузьмин, Х. А. Хайдер и др. // International Journal of Open Information Technologies. – 2023. – V. 11, No. 4. – P. C. 21 – 28.

МОДЕРНИЗАЦИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО СКАНЕРА ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА «УНИСОН 2-03»

Д. Г. Старых

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: staryh.danya@yandex.ru)

Совершенствование оборудования ультразвуковой диагностики обусловлено постоянным повышением уровня интеграции высокоскоростных цифровых схем. Для повышения качества оборудования и упрощения ремонта рекомендуется модернизировать ультразвуковой сканер отечественного производства «Унисон 2-03».

В качестве прототипа рассматривается ультразвуковой сканер отечественного производства «Унисон 2-03». Одним из его недостатков является отсутствие среди функций контроллера напряжения возможности тестирования всех блоков перед началом работы и вывода информации об ошибках на монитор. Также в процессе длительной и интенсивной эксплуатации ультразвуковых сканеров пьезоэлементы датчиков теряют свою способность адекватно воспроизводить звуковую волну, соответствующую их резонансной частоте, что приводит к ошибкам при проведении диагностики. Эти недостатки не позволяют достаточно эффективно и точно диагностировать неисправности аппарата, а точность оценки амплитуды колебаний имеет важное значение для постановки правильного диагноза [1].

В модернизированном устройстве предлагается дополнить возможности контроллера, который будет выполнять проверку внутренних подсистем УЗ-сканера и адекватной мощности излучения датчиков перед началом работы.

На рисунке 1 представлена схема системы формирования и обработки ультразвуковых волн. Сигнал формируется УЗ-датчиком, далее поступает на процессор, который используется для выполнения некоторых специализированных функций, управления базами данных и выполнения арифметико-логических операций, и, наконец, результаты отображаются на мониторе.

Конфигурация системы хранится на жестком диске и все необходимое программное обеспечение загружается с жесткого диска при включении питания.

Интерфейсный процессор ввода/вывода, который используется для форматирования входных данных, генерирует импульсы, передает их датчикам, которые направляют ультразвуковые волны в тело пациента.

Слабые ультразвуковые эхо от внутренних структур тела принимаются датчиками и направляются через плату реле и усилитель к АЦП, т.е преобразуются в цифровой сигнал. После усиления и цифровой обработки сигнал передается через шину PCI к фоновому процессору, где сигнал преобразуется в видео.

В работе системы принимает участие контроллер напряжения. Напряжения на периферийные устройства могут быть сконфигурированы 115 В на монитор и 230 В на процессор и модем через предохранители. Также контроллер поддерживает необходимые 20 В на вентиляторе системы охлаждения.

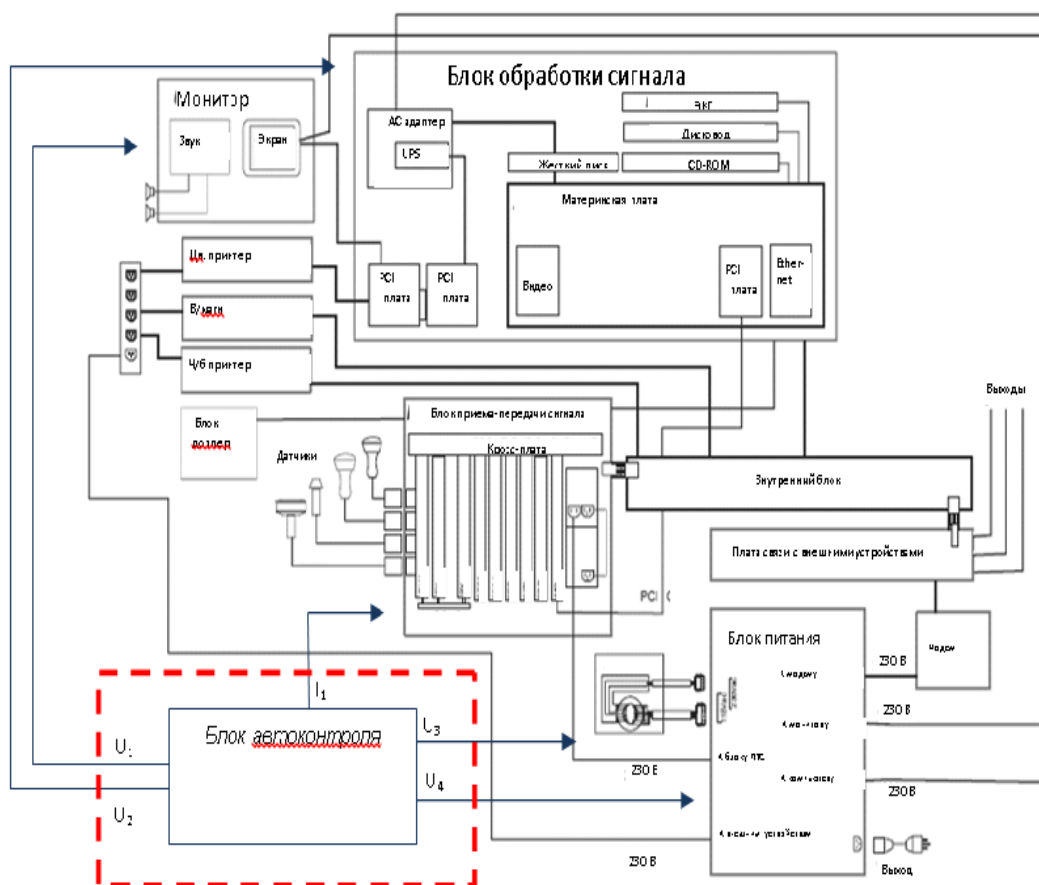


Рис. 1. Схема модернизированного ультразвукового сканера

Экспериментально доказана линейная зависимость амплитуды механических колебаний от амплитуды тока, проходящего через пьезоэлемент. Причем эта зависимость наблюдается только при точной настройке генератора на резонансную частоту, поэтому достаточно измерить значение тока и сравнить это значение с исходным при заводской настройке.

Библиографический список

1. Magnetic Resonance Imaging: Principles and Applications / J. Smith, et al. // Journal of Medical Physics. – 2020. – No. 45(3). – P. 123 – 135.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА НЕЙРОНОВ И ДРУГИХ КЛЕТОК В ТКАНЯХ МОЗГА

П. С. Мартюшева

Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия
(e-mail: Martyshev551@gmail.com)

В биофизике и нейронауке точное определение количества нейронов и глиальных клеток в различных областях мозга имеет решающее значение для понимания нормального функционирования мозга, а также для изучения нейродегенеративных заболеваний и возрастных изменений. Целью данной

статьи является обзор на различные методы подсчета важнейших клеток мозга и сравнение их эффективности.

В научной работе американских ученых по подсчету нейронов и других клеток мозга [1] сравнивалась эффективность изотропного фракционирования [2] с традиционным методом подсчета клеток под флуоресцентным микроскопом с использованием камеры Нойбауэра. Для этого использовали 142 образца коры головного мозга павианов. Выбор павиана обусловлен сходством его мозга с человеческим, что делает результаты более релевантными для будущих исследований на человеческом материале. Проточный цитометр применялся как часть процесса изотропного фракционирования для автоматизированного подсчета клеток.

В приведенном исследовании использовался мозг взрослой самки желтого павиана (вид *Papio cynocephalus anubis*), полученный из специализированного банка тканей Национального центра исследований приматов Вашингтонского университета. Возраст павиана составлял 12,6 лет, что соответствует средней продолжительности жизни самок этого вида в дикой природе (14 – 27 лет). Масса тела животного при жизни составляла 17,8 кг, а масса мозга после извлечения – 173,4 г. [3]

Перед началом анализа мозг был тщательно подготовлен. Для проведения исследования кору разделили на 268 небольших фрагментов приблизительно одинакового размера (около 5×5 мм). Площадь поверхности каждого фрагмента была точно измерена с помощью компьютерной программы анализа изображений (NIH ImageJ) [4]. Каждый фрагмент был взвешен, и полученные данные были сопоставлены с его анатомическим расположением на коре. Общая площадь поверхности коры составила приблизительно 18 577 квадратных миллиметров.

После измерения и взвешивания все фрагменты были зафиксированы в 4%-ном растворе буферного параформальдегида не менее чем на четыре недели для сохранения тканевой структуры. Для дальнейшей обработки и подсчета клеток соседние фрагменты были объединены в группы по 2 – 5 штук, что в итоге позволило получить 142 образца ткани для последующего анализа. Этот подход позволил снизить количество образцов, сохранив при этом пространственное представительство различных областей коры.

Результаты исследования показали высокую повторяемость и точность подсчета клеток при использовании проточной цитометрии в рамках изотропного фракционирования. Оценка числа клеток с использованием проточного цитометра более эффективна и точна, чем сопоставимые подсчеты с использованием камеры Нойбауэра на флуоресцентном микроскопе. На основании вышеперечисленных тезисов можно сделать вывод, что этот метод для более высокой пропускной способности, точной оценки числа клеток имеет потенциал для быстрого продвижения исследований посмертного человеческого мозга и значительного улучшения нашего понимания корковых и подкорковых структур в нормальном, травмированном, старом и больном мозге.

Библиографический список

1. Быстрый и надежный метод подсчета нейронов и других клеток в ткани мозга: сравнение проточной цитометрии и ручных методов подсчета / С. Е. Коллинз, Н. А. Янг, Д. К. Флаэрти и др. // Современная нейроанатомия. – 2010. – Т. 4. – С. 5.
2. Геркулано-Хузель, С. Изотропный фракционер: простой и быстрый метод количественной оценки общего числа клеток и нейронов в мозге / С. Геркулано-Хузель, Р. Лент // Труды Национальной академии наук США. – 2005. – Т. 25. – С. 2518 – 2521.
3. Райн, Р. Дж. Пожизненный репродуктивный успех, продолжительность жизни и репродуктивная история самок желтых бабуинов (*Papio cynocephalus*) в Национальном парке Микуми, Танзания / Р. Дж. Райн, Г. В. Нортон, С. К. Вассер // Американский журнал приматологии. – 2000. – Т. 51. – С. 229 – 241.
4. Шмитц, К. Дизайн-ориентированная стереология в нейронауках / К. Шмитц, П. Р. Хоф // Нейронауки. – 2005. – Т. 130. – С. 813 – 831.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АНАЛИЗА СТАБИЛОГРАММЫ НА ОСНОВЕ СРАВНЕНИЯ С ИНДИВИДУАЛЬНОЙ НОРМОЙ

Р. С. Мясоедов, Т. В. Истомина

Московский энергетический институт, Москва, Россия
(e-mail: myasoedovrs@yandex.ru)

В современной медицинской технике существенно повышается роль персонализированного подхода к процессу диагностики. Поэтому актуальным является формирование индивидуальной нормы для обнаружения постуральных нарушений на основе сравнительного анализа площади стабิโลграммы (СТГ) и доверительного эллипса, построенного на основе статистических данных о нормальной работе опорно-двигательного аппарата.

Основные диагностические параметры, определяемые при постуральных обследованиях, представлены в табл. 1.

1. Основные диагностические параметры для построения доверительного эллипса

Параметр	Обозначение
Среднее положение ЦД по X	$\sim X$
Среднее положение ЦД по Y	$\sim Y$
Дисперсия ЦД по X	DX
Дисперсия ЦД по Y	DY
Коэффициент ковариации	$\text{cov } XY$
Площадь статокинезиограммы	S

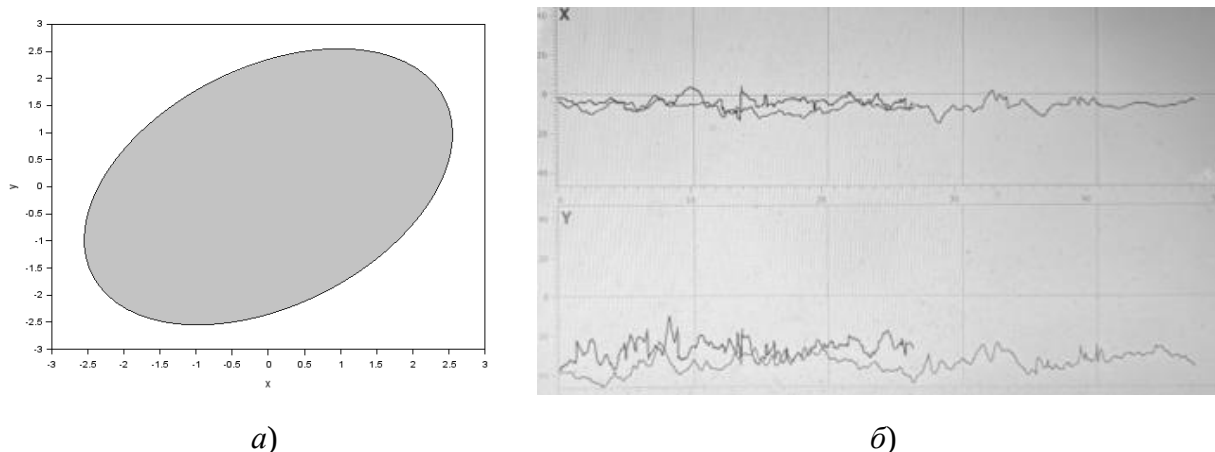


Рис. 1. Площадь идеального доверительного эллипса (а), динамика перемещения ЦД пациента по осям X и Y (б)

Стабилометрические показатели, используемые в медицинской практике, рассчитываются на основе значений координат X и Y проекции центра давления (ЦД) на поверхность стабиллоплатформы.

Показатель оценки площади колебаний ЦД вычисляется как площадь S , на которую приходится 90 или 95% (в зависимости от исследования) всех позиций центра давления за время исследования (для простоты такой показатель определяют расчетом площади эллипса), и позволяет оценить область рассеивания точек СТГ одновременно вдоль осей OX и OY . Грубым критерием наличия патологии можно считать выход результатов обследования за границы площади доверительного эллипса, вычисляемой как

$$S = 2 \ln \frac{1}{1-\beta} \sqrt{DX - DY - \left(\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (X_i - X)(Y_i - Y)^2 \right)}, \quad (1)$$

где β – вероятность попадания точки статокинезиограммы в эллипс ((1) $\beta = 0,9$).

Исходя из направления и амплитуды смещения построенного индивидуального доверительного эллипса относительно идеального, можно делать выводы о конкретных патологиях пациентов. Так, при болезни Паркинсона ригидность мышц приводит к смещению ЦД вперед и частым падениям. Инсульт влияет на асимметричное смещение ЦД в здоровую сторону, а атаксия (мозжечковые нарушения) – на повышенную вариабельность положения ЦД.

Рассмотрим некоторые признаки опорно-двигательных патологий: при ампутации конечности ЦД существенно смещается в сторону здоровой, при сколиозе наблюдается асимметрия ЦД во фронтальной плоскости, плоскостопие характеризуется увеличением колебаний ЦД из-за сниженной амортизации.

Таким образом, целесообразно с помощью грубого критерия выявить наличие патологии, а затем, применяя более тонкие критерии индивидуальной нормы, проводить дифференциальную диагностику.

Библиографический список

1. Боброва, В. И. Анализ пострурального контроля на основе стабилотрафических исследований / В. И. Боброва // Физиология человека. – 2005. – Т. 31, № 6. – С. 56 – 64.
2. Корбутов, Ю. П. Методы анализа стабิโลграмм в исследованиях двигательной активности человека / Ю. П. Корбутов // Теория и практика физической культуры. – 2010. – № 9. – С. 45 – 50.
3. Тихомиров, А. А. Использование стабילותрафии в клинической практике // Медицинская реабилитация, курортология и физиотерапия / А. А. Тихомиров. – 2012. – Т. 1. – С. 34 – 42.
4. Минаев, С. В. Использование фрактального анализа для интерпретации стабילותграмм / С. В. Минаев, И. Г. Петров // Современные технологии в медицине. – 2018. – № 12(2). – С. 19 – 25.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ С ВРОЖДЕННЫМ ПОРОКОМ СЕРДЦА НА ОСНОВАНИИ ОТНОШЕНИЯ ДАВЛЕНИЙ В ЖЕЛУДОЧКАХ

Д. Е. Судаков

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: Sudakov.dima1702@yandex.ru)

Врожденные пороки сердца – это самые распространенные из всех пороков развития организма. Наиболее часто из них встречается дефект межжелудочковой перегородки, частота выявления которого составляет до 42% от всех выявляемых пороков, а средняя летальность 10% [1]. Система, способная прогнозировать влияние дефекта межжелудочковой перегородки на организм, может стать полезным инструментом при выборе тактики лечения данного порока сердца. Система позволит оценить риски хирургического вмешательства, так как при проведении операции в раннем возрасте существует вероятность, что швы прорежут перегородку и ситуация усугубится.

Параметром, на основании которого можно определить критическое состояние сердечно-сосудистой системы с дефектом межжелудочковой перегородки, является отношение систолического давления в левом желудочке к давлению в правом желудочке для заданного момента времени t (рис. 1) [2].

У здорового человека давление в левом желудочке значительно выше, чем в правом. При длительном отсутствии лечения крупных дефектов межжелудочковой перегородки, этот врожденный порок сердца вызывает необратимое изменение в сосудах легких, называемое синдромом Эйзенменгера. При наличии данного синдрома давление в правом желудочке возрастает, и в некоторых случаях может стать больше давления в левом (рис. 2).

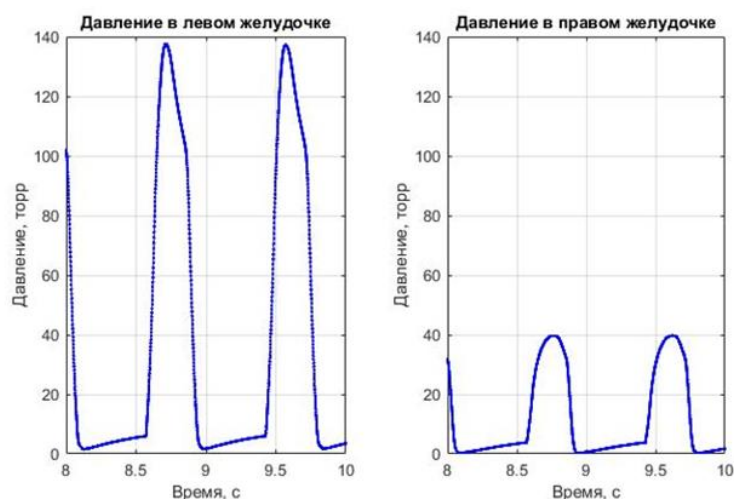


Рис. 1. Давления в желудочках при здоровом сердце

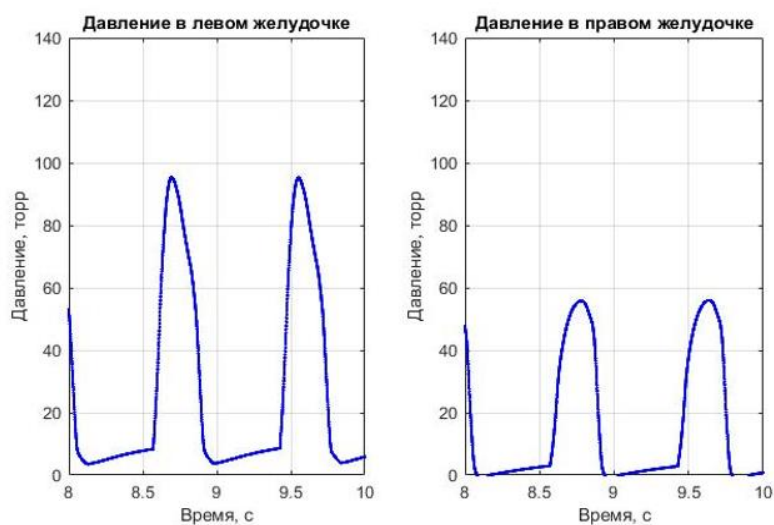


Рис. 2. Давления в желудочках при наличии порока

Таким образом, получаем условие возникновения критической, опасной для жизни пациента, ситуации:

$$\frac{P_{\text{СИС ЛЖ}}(\tau)}{P_{\text{СИС ПЖ}}(\tau)} \leq \Delta_{\text{КР}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{СИС ЛЖ}}$ и $P_{\text{СИС ПЖ}}$ – систолическое давление в левом и правом желудочках, $\Delta_{\text{КР}}$ – пороговое значение для отношения, которое у здорового человека составляет от 3,5 до 6, падение значения ниже установленного порога, равного 2, является показателем возникновения критической ситуации.

Таким образом, реализация предлагаемого условия может успешно применяться в прогностических системах достоверного определения состояния сердечно-сосудистой системы в любом возрасте.

Библиографический список

1. Frolov, S. V. A lumped Parameter Model of Cardiovascular System with Pulsating Heart for Diagnostic Studies / S. V. Frolov, S. V. Sindeev, V. A. Lischouk // Journal of Mechanics in Medicine and Biology. – 2017. – V. 17(5), 1750056 (21).

Фролов С. В. Математическое моделирование пульсирующего сердца с дефектом межжелудочковой перегородки / С. В. Фролов, Д. Е. Судаков, А.А. Коробов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2024. – № 2. – С. 79 – 106.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ С ВРОЖДЕННЫМ ПОРОКОМ СЕРДЦА НА ОСНОВАНИИ ОТНОШЕНИЯ КРОВОТОКОВ

Д. Е. Судаков

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: Sudakov.dima1702@yandex.ru)

Врожденные пороки сердца (ВПС) занимают лидирующие позиции среди всех дефектов развития организма. Система, способная прогнозировать критические последствия наличия ВПС для организма ребенка, может служить ценным инструментом в клинической практике, облегчая выбор оптимальной стратегии терапии. В частности, данная система позволит объективно оценить возможные риски оперативного вмешательства, учитывая вероятность осложнений в раннем постоперационном периоде.

Параметр, на основании которого можно установить возникновение критической ситуации, – отношение минутного объема кровотока в малом круге кровообращения ($МОК_{МК}$) к минутному объему кровотока в большом круге кровообращения ($МОК_{БК}$) (рис. 1).

В здоровом организме количество крови, проходящее через малый и большой круги кровообращения в минуту, одинаково. Пиковое значение кровотока из правого желудочка в легочные артерии составляет $420 \text{ см}^3/\text{с}$, из левого желудочка в аорту $500 \text{ см}^3/\text{с}$, отношение кровотоков в данном случае составляет 0,84.

Далее рассмотрим отношение кровотоков для случая, когда в сердечно-сосудистой системе присутствует ВПС.

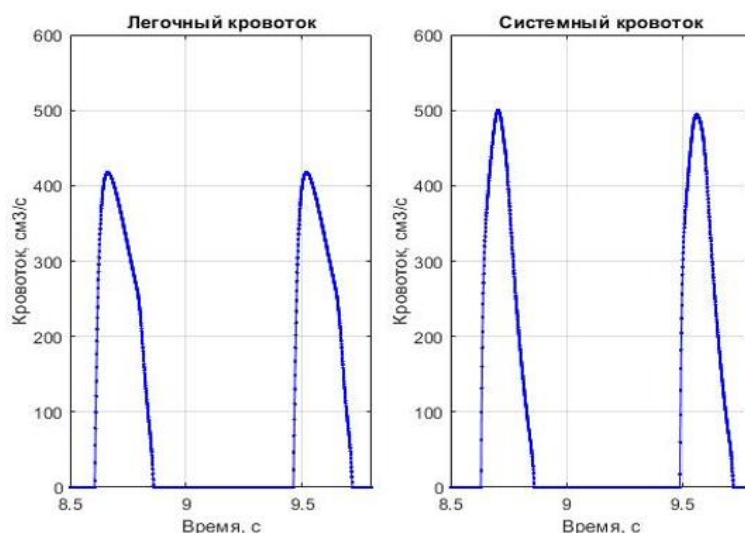


Рис. 1. Кровотоки при здоровом сердце

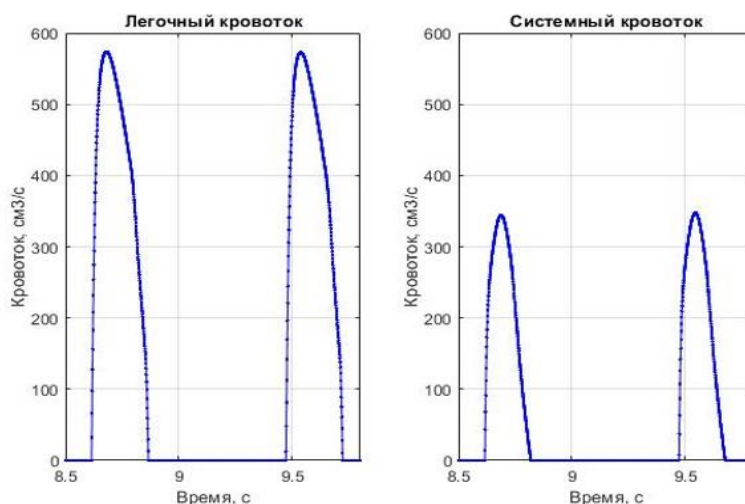


Рис. 2. Кровотоки при наличии ВПС

Пиковое значения для легочного кровотока в данном случае составляет $570 \text{ см}^3/\text{с}$, а для системного кровотока $345 \text{ см}^3/\text{с}$, отношение кровотоков в данном случае составляет 1,652.

Таким образом, получаем условия определения критического состояния сердечно-сосудистой системы с ВПС:

$$\frac{\text{МОК}_{\text{МК}}(\tau)}{\text{МОК}_{\text{БК}}(\tau)} \geq \Delta_{\text{кр}}, \quad (1)$$

где $\Delta_{\text{кр}}$ – пороговое значение для отношения, равное 1,5, что указывает на значительное увеличение объема крови в малом круге по сравнению с большим. Это серьезное отклонение, свидетельствующее о значительной перегрузке малого круга кровообращения.

Таким образом, предложенный метод оценки критического состояния сердечно-сосудистой системы у пациентов с ВПС позволяет своевременно выявлять рискованные клинические ситуации и оптимизировать стратегию лечения.

Библиографический список

1. Frolov, S. V. A lumped Parameter Model of Cardiovascular System with Pulsating Heart for Diagnostic Studies / S. V. Frolov, S. V. Sindeev, V. A. Lischouk // Journal of Mechanics in Medicine and Biology. – 2017. – V. 17(5), 1750056 (21).
2. Фролов С. В. Математическое моделирование пульсирующего сердца с дефектом межжелудочковой перегородки / С. В. Фролов, Д. Е. Судаков, А.А. Коробов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2024. – № 2. – С. 79 – 106.

МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ ЭНДОСКОПИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Е. Н. Федотова

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: krunc736@gmail.com)

Эндоскопия является неотъемлемой частью современной медицинской практики, играя важную роль в диагностике и лечении различных заболеваний. Ее значимость трудно переоценить для всех участников медицинского процесса. Внедрение новых технологий в области эндоскопии имеет огромное значение для улучшения качества медицинской помощи. Пациенты, в свою очередь, получают целый ряд преимуществ от использования этого метода: минимальная инвазивность процедуры, снижение риска осложнений, быстрое заживление после вмешательства.

За последние годы технология обработки эндоскопических изображений сделала значительный прогресс. Рост разрешения приборов (ПЗС-матрицы) с 0,1...0,4 млн пикселей до 0,85...1,25 млн позволил создать современные эндоскопы, способные демонстрировать четкое изображение в высоком разрешении стандарта HDTV.

Кроме того, внедрение инновационных методов визуализации повысило информативность эндоскопических исследований. Так, использование узкополосных оптических фильтров (например, система NBI от Olympus) и цифровых фильтров (iSCAN от Pentax, FICE от Fujinon) дает возможность получать высококонтрастные изображения слизистых оболочек, улучшая детализацию поверхностных структур.

Еще одна перспективная методика – аутофлуоресцентная визуализация (AIF, Auto-Fluorescence Imaging), основанная на свечении природных флюорофоров клеток, активируемых светом определенной длины волны, и взаимодействии с хромофорами. Эта техника выделяет участки ткани с патологическими изменениями, невидимыми при обычном освещении.

Наконец, созданы эндоскопы с высоким оптическим увеличением и специализированные эндомикроскопы, оснащенные технологией световой или лазерной конфокальной микроскопии. Подобные приборы позволяют наблюдать тканевую структуру с увеличением до 400...1400× и разрешением менее 1 микрометра, обеспечивая качественное исследование на клеточном уровне.

Последние десятилетия ознаменовались появлением новых конструкций эндоскопов, предлагающих значительное увеличение масштаба изображения исследуемых поверхностей. Современные инструменты позволяют увеличить картинку в десятки раз, давая врачу уникальную возможность детально изучить ткань и ее структуру прямо в операционном зале. Помимо этого, были разработаны уникальные устройства – эндомикроскопы, комбинирующие классические принципы световой микроскопии с технологиями цифровой визуализации.

Таким образом, новые технологии обработки эндоскопических изображений значительно повышают качество диагностики, позволяя выявлять патологии на ранних стадиях. Дальнейшее развитие методов визуализации, включая

использование специальных фильтров и техники автофлуоресцентной визуализации, открывает новые возможности для повышения точности диагностики и эффективности лечения.

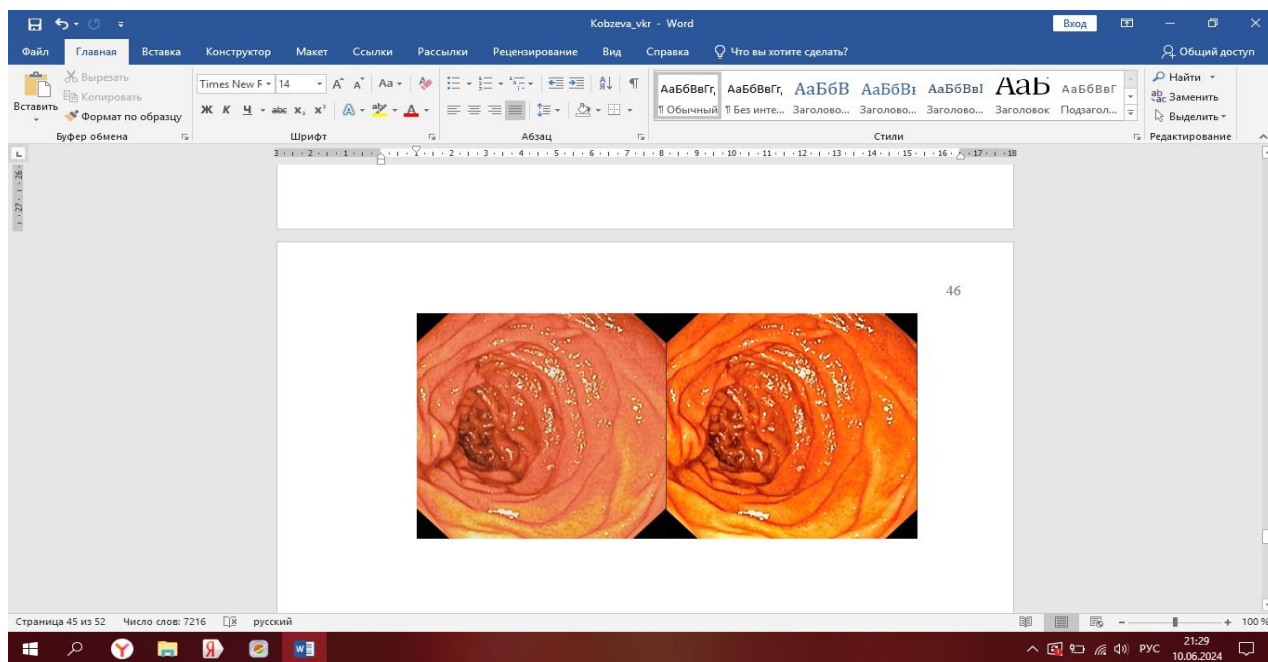


Рис. 1. Изображение до и после улучшения

Библиографический список

1. Куликов, А. Ю. Волоконно-оптическая система формирования изображений / А. Ю. Куликов, В. М. Строев // Радиосистемы. – 2003. – Вып. 70. – С. 41 – 44.
2. Обработка разнодиапазонных изображений на базе матричных приборов с зарядовой связью / А. Н. Ветров, А. Ю. Потлов, С. В. Фролов, Д. Е. Судаков // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2022. – № 10(1).

ГЕРМЕТИЧНАЯ УПРОЩЕННАЯ ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СРЕДОСТЕНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ ЛЕГКИХ МЛАДЕНЦЕВ

М. А. Конько, Н. С. Темняков, Г. К. Алексанян

**Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М. И. Платова, Новочеркасск, Россия
(e-mail: mari.mak787@yandex.ru)**

При рождении легкие новорожденного впервые наполняются воздухом, что в норме должно привести к их полному расправлению [1]. Но это происходит не всегда, часто дети рождаются недоношенными и имеют проблемы с раскрытием легких, внешним дыханием, поэтому их подключают к аппарату

искусственной вентиляции легких (ИВЛ) [2, 3]. В условиях реанимации и интенсивной терапии при ИВЛ [4] могут возникнуть повреждения из-за незрелости легочной ткани у новорожденных [5], поэтому разработка безопасных методов мониторинга дыхательной функции особенно важна. Решением является электроимпедансная томография (ЭИТ) – неинвазивный метод, позволяющий осуществлять динамический контроль вентиляции легких в режиме реального времени без риска дополнительного повреждения легочной ткани [6, 7]. Разработка и тестирование новых алгоритмов и методик требуют точных физических моделей [8, 9], воспроизводящих анатомические и физиологические особенности дыхательной системы младенцев. В данной работе представлена герметичная упрощенная физическая модель средостения новорожденного (ГУФМС), созданная для исследований в области ЭИТ.

Модель спроектирована в программе Компас 3D с учетом геометрии грудной клетки новорожденного и изготовлена методом 3D-печати из прочного и биологически инертного материала PETG. Конструкция включает две эластичные полости, имитирующие правое (35 мл) и левое (25 мл) легкие, с системой управляемого воздухонаполнения и дренажом для удаления избыточной жидкости. Для обеспечения герметичности модель оснащена крышкой с отверстиями для электродов.

Особенностью ГУФМС является наличие трех рядов электродов (по 16 в каждом), расположенных по периметру модели. Такая конфигурация позволяет изучать распределение проводимости в разных плоскостях, что важно для анализа региональной вентиляции. Электроды выполнены из нержавеющей стали и закреплены в корпусе модели, обеспечивая стабильный контакт с проводящей средой (0,9 %-ный раствор NaCl или вода).

Модель совместима с куклой-новорожденным, что упрощает проведение экспериментов в условиях, приближенных к клиническим [10]. На рисунке 1 приведены фото ГУФМС внутри (рис. 1, а), готовое изделие (рис. 1, б), напечатанное на 3D-принтере, и ГУФМС в кукле-новорожденном (рис. 1, в).

Ключевые преимущества ГУФМС, расположенной в кукле-новорожденном – возможность имитации различных паттернов дыхания, включая нормальную и патологическую вентиляцию, а также простота адаптации под разные исследовательские задачи.

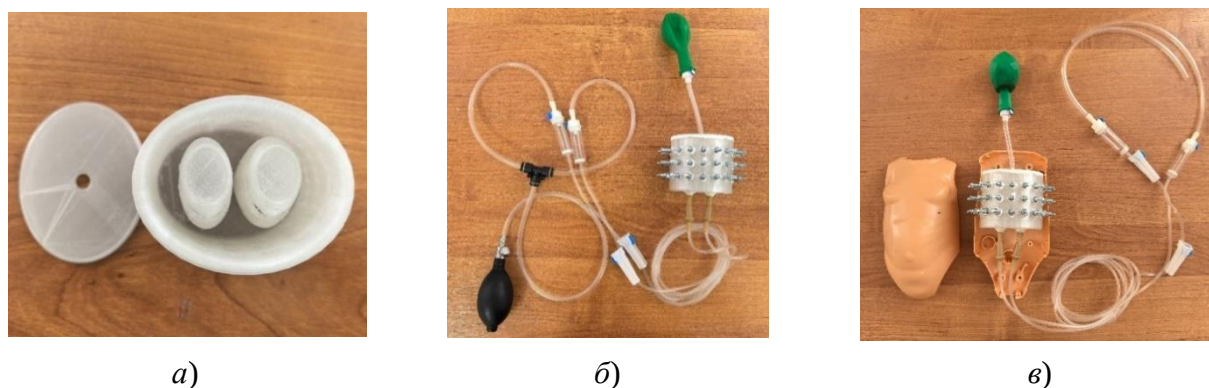


Рис. 1. ГУФМС вид изнутри (а), готовое изделие (б) и готовое изделие в корпусе куклы-новорожденного (в)

Библиографический список

1. Шабалов, Н. П. Неонатология : учебное пособие : в 2 т. Т. II / Н. П. Шабалов. – М. : МЕДпресс-информ, 2004. – 640 с.
2. Горячев, А. С. Основы ИВЛ / А. С. Горячев, И. А. Савин. – М. : ООО «МД», 2013. – 258 с.
3. Шабалов Н. П. Неонатология : учебное пособие : в 2 т. Т. I / Н. П. Шабалов. – М. : МЕДпресс-информ, 2004. – 608 с.
4. Александрович, Ю. С. Респираторная поддержка при критических состояниях в педиатрии и неонатологии / Ю. С. Александрович, К. В. Пшенис-нов. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2020. – 272 с.
5. Дашичев, К. В. Электроимпедансная томография легких как метод оценки функции внешнего дыхания глубоко недоношенных новорожденных / К. В. Дашичев, Н. Ю. Плетнева, Н. В. Олендарь // Вестник Ивановской медицинской академии. – 2013. – Т. 18, № 2. – С. 68–69.
6. Adler, A. Electrical Impedance Tomography: Methods, History and Applications / A. Adler, D. Holder. – Boca Raton : CRC Press, 2021. – 518 p.
7. Алексанян, Г. К. Методы и аппаратно-программные комплексы персонализированного мониторинга системы внешнего дыхания человека на основе многочастотной электроимпедансной томографии : дис. ... д-ра техн. наук / Г. К. Алексанян. – Новочеркасск, 2024. – 298 с.
8. Алексанян, Г. К. Экспериментальная апробация макета информационно-измерительной системы мониторинга регионарного вентиляционно-перфузионного отношения легких человека / Г. К. Алексанян // Современные наукоемкие технологии. – 2021. – № 12-1. – С. 9 – 14.
9. Упрощенные физические модели средостения новорожденных для электроимпедансной томографии / М. А. Конько, Г. К. Алексанян, Н. И. Горбатенко и др. // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2025. – Т. 13, № 1.
10. Демидова, Т. В. Сестринский уход за недоношенным новорожденным / Т. В. Демидова. – Иркутск : ИГМУ, 2013. – 52 с.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ДЕТСКОГО СНА

М. А. Любавина, Н. Р. Журавлев, Т. А. Фролова

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: milenaliubavina@mail.ru)

Сон – не просто физиологическая потребность, а основа здоровья и развития ребенка. В первые месяцы жизни он напрямую влияет на формирование нервной системы, выработку гормона роста и укрепление иммунитета. Нарушения сна, такие как инсомния, встречаются у 15...35% детей и проявляются в трудностях засыпания, частых пробуждениях или сокращении общей продолжительности отдыха. Эти проблемы не только вызывают у младенцев раздражительность и снижение концентрации, но и становятся источником стресса для родителей, повышая риск послеродовой депрессии [1].

Предлагается создание программно-аппаратного комплекса, состоящего из мобильного приложения и аппаратной части. Информационная часть приложения была реализована на языке «Python» и включает в себя несколько модулей: основной функционал работы таймера, секундомера и статистики, обеспечение подключения и считывания с базы данных, а также подключение и сбор данных с Telegram bot'a. Для стабильной работы приложения были использованы следующие библиотеки: logging, для записи данных в консоль, файлы и иные источники вывода, telebot для синхронизации с ботом Telegram, а также библиотеки time, datetime, threading для работы со временем и датами.

Аппаратная же часть реализована на базе платформы Arduino и выглядит следующим образом: датчик движения, встроенный в матрасик ребенка, производит совместную работу с датчиком движения и создает одну из возможных комбинаций – малоинтенсивное движение и высокочастотный звук или высокоинтенсивное движение. Полученная комбинация интерпретируется как признак пробуждения младенца, время записывается в базу данных приложения.

В качестве основы используется модуль MPU6050, сочетающий в себе функции как акселерометра, так и гироскопа. Модуль непрерывно отслеживает каждое движение младенца, будь то покачивания или сильные шевеления, фиксируя его положение по осям x, y, z. Таким образом, если ребенок долго остается активным, то система интерпретирует это как возможное пробуждение и передает родителям уведомление о пробуждении.

Также были применены модуль ESP8266, который обеспечивает беспроводную передачу данных между устройством и мобильным приложением, и звуковой сенсор KY-037, предназначенный для детального акустического фона окружения ребенка.

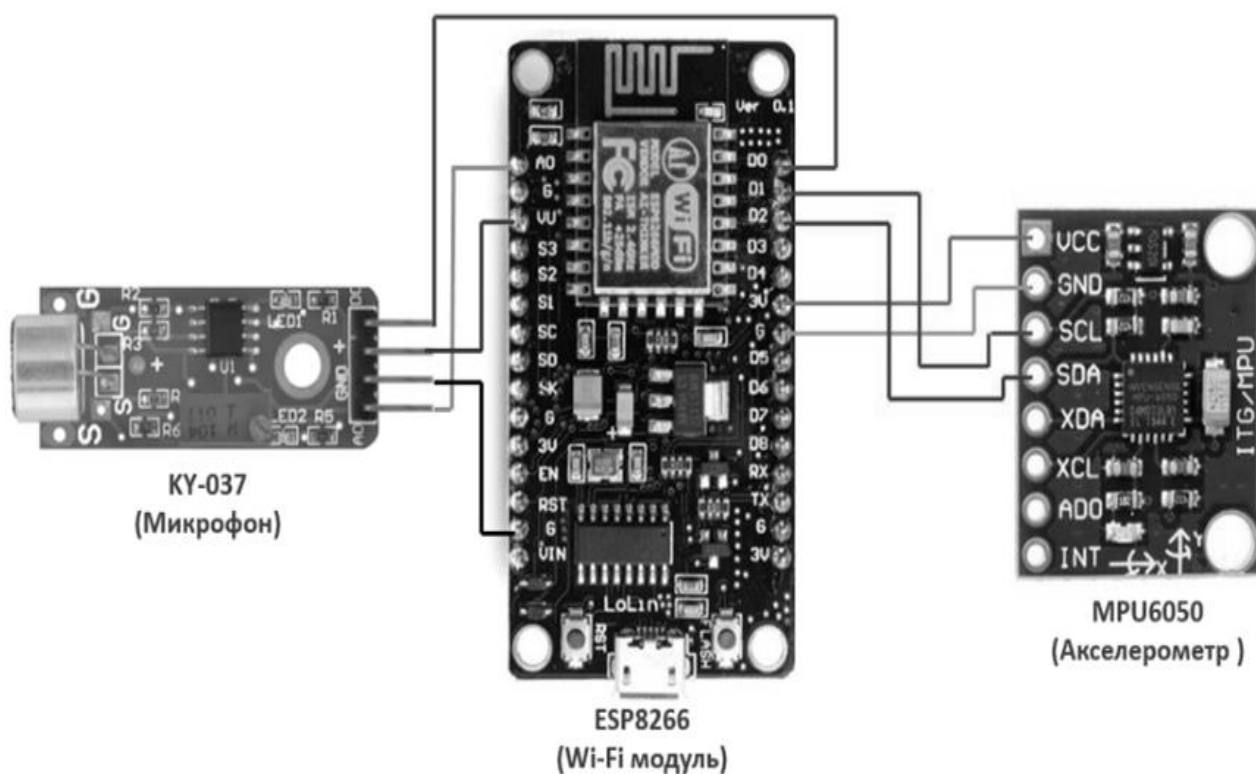


Рис. 1. Аппаратная реализация

На основе анализа данных из чек-листов и автоматически собранных показателей приложение формирует недельную и месячную статистику сна. Если система обнаруживает дефицит отдыха, родителям предлагаются персонализированные рекомендации: от корректировки режима дня до методов успокоения. В случаях, когда отклонения превышают безопасные нормы, приложение предупреждает о необходимости консультации с педиатром для исключения медицинских причин нарушений.

Таким образом, данное приложение представляет собой перспективный инструмент для оптимизации режима сна у младенцев. Комбинация ручного и автоматизированного сбора данных, а также предоставление статистического анализа и индивидуальных рекомендаций, позволяют родителям более осознанно подходить к организации сна ребенка, улучшая его качество и обеспечивая благоприятные условия для развития.

Библиографический список

1. Использование нейроконтроллера и электрохромного остекления в инкубаторах для новорожденных для адаптивной имитации смены дня и ночи / А. Ю. Потлов, С. В. Фролов, А. А. Коробов, К. С. Савинова // Медицинская техника. – 2024. – № 4. – С. 14 – 16.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО НЕЛИНЕЙНОГО ПАРАМЕТРА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ МЕДИЦИНСКОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

А. Ю. Вареникова, Н. Н. Чернов

Южный федеральный университет, Институт нанотехнологий, электроники
и приборостроения, Таганрог, Россия
(e-mail: avarenikova@sfedu.ru; nnchernov@sfedu.ru)

Широкое применение нелинейных эффектов взаимодействия акустических волн для решения задач медицинской диагностики, исследования модульных биологических сред привело к возникновению отдельной области в ультразвуковой интроскопии – акустической томографии акустического нелинейного параметра, который является более информативным в сравнении с линейными характеристиками биологических объектов [1, 2].

Существующие модели и подходы к регистрации и дальнейшему измерению акустического нелинейного параметра в большинстве основаны на приеме амплитуд разностной и суммарной частот, а также регистрации амплитуд гармонических составляющих рассеянного и прошедшего акустического излучения. Недостатком таких моделей являются сложность выделения вклада необходимого нелинейного параметра, зависимость от геометрии измерений.

В работах [3, 4] показано, что наиболее оптимальным для целей акустической визуализации является акустический нелинейный параметр второго порядка.

Важной задачей в данном случае является разработка моделей акустического нелинейного параметра в точке среды и в срезе биоткани. Так как биологическая ткань представляет собой диссипативную среду, то рассматривать процессы нелинейного взаимодействия следует на основе уравнения Бюргерса [5]

$$\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\varepsilon}{c_0^2} v \frac{\partial v}{\partial \tau} = \frac{b}{2c_0^3 \rho_0} \frac{\partial^2 v}{\partial \tau^2}. \quad (1)$$

Для измерения значений акустического давления в точке объекта необходимо получить решение уравнения (1) во втором приближении:

$$p = \frac{\varepsilon c_0 \operatorname{Re}}{2} (e^{-2\alpha x} - e^{-4\alpha x}) \rho c \sin 2\omega \tau. \quad (2)$$

На основе выражения (2) можно графически построить зависимость уровня давления второй гармоники акустического сигнала от величины акустического нелинейного параметра (рис. 1).

При проведении моделирования были использованы значения акустического нелинейного параметра различных тканей организма человека: мышечная ткань, печень, кровь, жировая ткань.

Из рисунка 1 можно сделать следующий вывод: при увеличении значения акустического нелинейного параметра растет регистрируемый уровень акустического давления, измерив которое можно построить информативное изображение внутренних структур для ранней диагностики патологий.

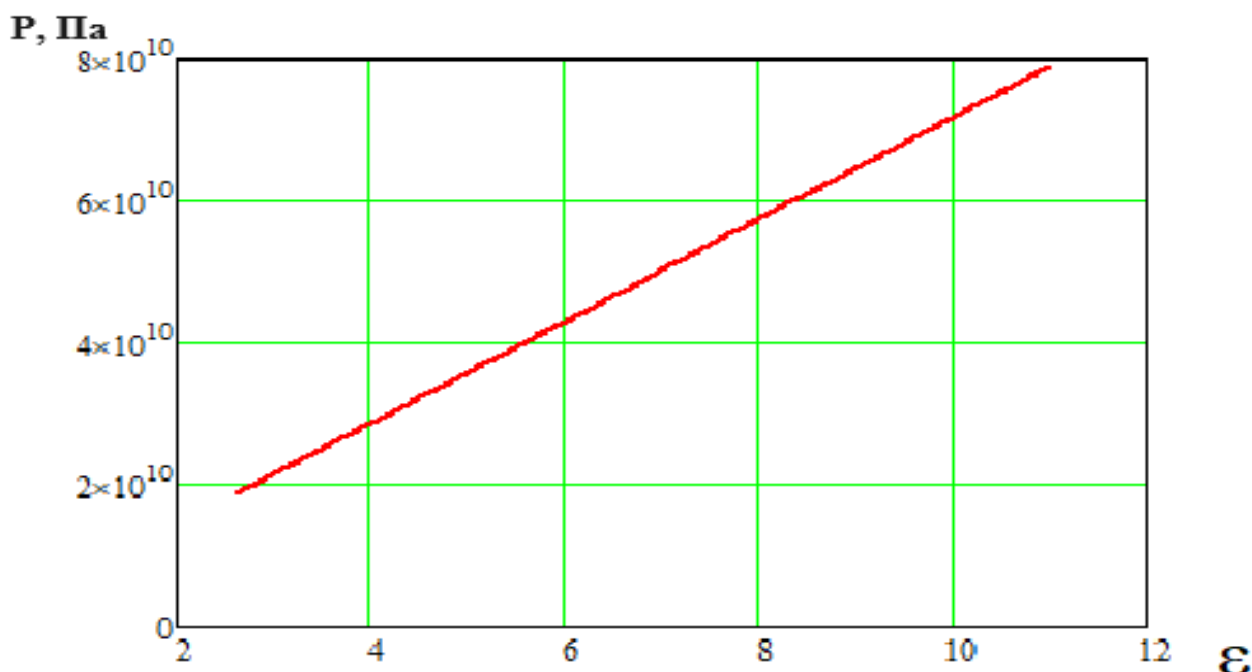


Рис. 1. Изменение амплитуды давления второй гармоники акустического сигнала в зависимости от нелинейного параметра

Библиографический список

1. Акустическая томография нелинейного параметра с помощью малого числа преобразователей / В. А. Буров, С. Н. Евтухов, А. М. Ткачева, О. Д. Румянцева // Акустический журнал. – 2006 – № 6. – С. 760 – 776.
2. Буров, В. А. Численное и физическое моделирование процесса томографирования на основе акустических нелинейных эффектов третьего порядка / В. А. Буров, А. А. Шмелев // Акустический журнал. – 2009 – № 4-5. – С. 466 – 480.
3. Проблемы использования нелинейных коллинеарных процессов в акустической томографии третьего порядка / В. А. Буров, Р. В. Крюков, О. Д. Румянцева, А. А. Шмелев // Акустический журнал. – 2012 – № 1. – С. 57 – 79.
4. Буров, В. А. Прототип томографической системы, использующей акустические нелинейные эффекты третьего порядка / В. А. Буров, А. А. Шмелев, Д. И. Зотов // Акустический журнал. – 2013. – № 1. – С. 31 – 51.
5. Research of Appearance and Propagation of Higher Harmonics of Acoustic Signals in the Nonlinear Media / N. N. Chernov, N. P. Zagray, M. V. Laguta, A. Yu. Varenikova // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – No. 1015(3). – 032081.

СИСТЕМА КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОСТИНСУЛЬТНЫХ КРИТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ ПО ЭЭГ

В. П. Кириллова, Т. В. Истомина

Московский энергетический институт, Москва, Россия
(e-mail: kirillovaVP@mpei.ru)

В настоящее время крайне актуальной проблемой является раннее обнаружение критических состояний и осложнений, которые возникают у пациентов после перенесенного инсульта. К таким критическим состояниям относят кому, состояние минимального сознания, судороги, эпилепсию. В данной работе была сформирована система критериев для обнаружения постинсультных критических состояний по электроэнцефалографии (ЭЭГ), так как этот метод является важным и доступным инструментом для мониторинга мозговой активности и выявления аномалий, связанных с инсультом.

В качестве основных критериев были выбраны следующие:

- доминирующая спектральная активность в основных частотных диапазонах, определяемая на основе анализа альфа-, бета-, дельта- и тета-ритмов в ЭЭГ-сигнале;
- надпороговое изменение размаха амплитуды ЭЭГ-сигнала, которое отражает степень нейронной активности;

– наличие надпорогового количества специфических паттернов аномальной активности, например, эпилептиформной, что также может указывать на возникновение критического состояния.

Анализ ЭЭГ при постинсультных критических состояниях включает как визуальное распознавание характерных паттернов, так и использование вычислительных методов для автоматического обнаружения аномалий. Предлагаемый подход к обнаружению критических состояний включает этапы: предобработки сигнала, выделения системы сформулированных критериев, сравнения вычисленных значений с пороговыми с применением алгоритма машинного обучения, который осуществляет поддержку принятия диагностического решения, итоговой диагностики наличия патологического состояния, при необходимости, подтверждаемой специалистом.

Простые блоки обработки данных будут реализованы на базе пороговых детекторов – например, для обнаружения надпороговых всплесков энергии в диапазоне 5...10 Гц, характерных для эпилептиформной активности. Более сложные блоки планируется разработать с использованием нейросетевых классификаторов на основе обработки пороговых решающих правил вейвлет-анализа.

Для выявления диапазонов пороговых значений и тестирования результатов анализа постинсультных состояний нами используется открытая база данных *PhysioNet*, содержащая записи ЭЭГ здоровых и пациентов с различными неврологическими расстройствами. Эти данные позволяют исследовать различные критерии, включая частотный спектр и амплитудные характеристики, также с помощью *EEG Motor Movement/Imagery Dataset* можно использовать данные для анализа паттернов активности мозга у пациентов.

Пакет *Simulink/Matlab* предоставляет удобную платформу для моделирования и реализации описанного подхода. Использование графических интерфейсов позволяет визуализировать результаты анализа. Это важный этап для проведения анализа медицинскими работниками, так как визуализация помогает лучше интерпретировать состояние пациента и выявлять изменения в выбранных критериях.

В перспективе разработанная система критериев поможет прогнозировать возникновение критических состояний. Создание эффективных алгоритмов анализа ЭЭГ будет способствовать улучшению ухода за пациентами, перенесшими инсульт, и повышению их шансов на успешное восстановление.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на расширение базы данных, проведение клинических испытаний и разработку мобильных и веб-приложений для мониторинга состояния пациентов в реальном времени.

Библиографический список

1. Александров, М. В. Электроэнцефалографический мониторинг в отделении реанимации и интенсивной терапии / М. В. Александров, Т. В. Александрова, Е. С. Пovalюхина // Вестник Северо-Западного государ-

ственного медицинского университета им. И. И. Мечникова. – 2018. – Т. 10, № 3. – С. 81 – 90.

2. Гнездицкий, В. В. Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография / В. В. Гнездицкий – М. : МЕДпресс-информ, 2004. – 168 с.

3. Зенков, Л. Р. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпиптологии). Руководство для врачей / Л. Р. Зенков. – М. : МЕДпресс-информ, 2004.

4. Гусев, Е. И. Ишемия головного мозга / Е. И. Гусев, В. И. Скворцова. – М. : Медицина, 2001. – 328 с.

5. Постинсультные двигательные и когнитивные нарушения: некоторые патогенетические и терапевтические аспекты / И. В. Дамулин и др. // Мед. новости. – 2008. – № 1. – С. 26 – 30.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ НЕОНАТАЛЬНЫХ ИНКУБАТОРОВ С УЧЕТОМ ФИЗИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ МЛАДЕНЦА

Д. Ю. Ковалева

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(novo_dasha1990@mail.ru)

Недоношенные дети относятся к особой группе пациентов, которые требуют тщательной медицинской помощи, особенно в процессе терморегуляции. Проблемы с поддержанием нормальной температуры тела могут привести к серьезным осложнениям, поэтому необходимо более детально рассмотреть причины, механизмы и подходы к терморегуляции этой уязвимой категории пациентов.

Основными причинами гипотермии у недоношенных детей являются: недостаточная жировая прослойка; незрелость системы терморегуляции из-за недостаточно развитого гипоталамуса; повышенная потеря тепла; проблемы с кожным покровом.

Здоровые новорожденные дети могут регулировать свою температуру с помощью различных механизмов, например, повышенной двигательной активности, благодаря которой генерируется тепло, или, так называемым, метаболическим теплообразованием за счет активизации бурой жировой ткани.

Неонатальные инкубаторы играют критическую роль в уходе за новорожденными, особенно для недоношенных детей, у которых недоразвиты механизмы терморегуляции.

Для защиты новорожденного от гипотермии необходимо учитывать следующие механизмы теплообмена:

– проводимость, т.е. теплообмен через контакт кожи с предметом. Она зависит от коэффициента проводимости предмета, соприкасающегося с кожей, контактирующей поверхностью и разницы температур между кожей и предметом. Теплообмен между кожей ребенка и матрасом в инкубаторе минимален

(1...3%), но может стать доминантным при использовании согревающего матраса или при контакте кожи с кожей. Проводимость можно контролировать, изменяя температуру предметов, соприкасающихся с кожей новорожденного.

- радиация, или теплообмен за счет инфракрасного излучения, такой теплообмен обеспечивает 50% общего теплообмена. Стенки инкубатора непроницаемы для инфракрасного излучения, поэтому теплообмена между новорожденным и комнатой не происходит, но новорожденный обменивается теплом со стенками инкубатора, которые обмениваются теплом с окружающей средой.

- конвекция, то есть теплообмен поверхности тела и воздуха, циркулирующего вокруг ребенка, такой теплообмен обеспечивает 40% от общего теплообмена. Регулировать конвекцию можно путем назначения необходимой температуры тела. На конвекцию могут повлиять сквозняки, открывание дверей инкубатора, поэтому нельзя размещать посторонние предметы рядом с вентиляторами канала инкубатора.

- испарение обеспечивает 7...9% общего теплообмена. Контролировать испарение можно с помощью одежды или оптимальной влажности в инкубаторе.

Температура окружающей среды, влажность и скорость воздушного потока непосредственно влияют на теплообмен младенца. Неонатальные инкубаторы должны адаптироваться к изменениям этих параметров, обеспечивая надежный микроклимат.

Для оптимизации работы неонатальных инкубаторов необходимо использовать теплоизолирующие и терморегулирующие материалы, внедрять в работу интеллектуальные системы, для автоматической регуляции температуры и влажности, а также создание систем автоматического мониторинга, которые учитывают теплофизические характеристики младенцев.

Понимание теплофизических свойств тела новорожденных является ключевым фактором для эффективной работы неонатальных инкубаторов. Оптимизация этих аппаратов посредством современных технологий и материалов поможет создать более безопасные и комфортные условия для новорожденных, улучшая их шансы на успешное развитие и выживание.

Библиографический список

1. Современное состояние и тенденции в области исследований и разработок неонатальных инкубаторов / С. В. Фролов, А. А. Коробов, К. С. Савинова, А. Ю. Потлов // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2023. – № 11(4). – URL : <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1473>

2. Фролов, С. В. Риски инкубационной терапии / С. В. Фролов // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : сб. тр. Восьмой Всерос. молодеж. науч. конф., Тамбов, 10 мая 2023 года. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2023. – С. 334 – 336.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ИМПОРТА 3D-МОДЕЛЕЙ ОБЪЕКТОВ В СРЕДУ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

С. С. Усачев, В. С. Кувшинников

Российский химико-технологический университет
имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия
(seriy.sery2014@gmail.com)

В последние годы наблюдается устойчивый рост интереса к применению технологий виртуальной реальности (VR) в медицине. Использование VR-симуляторов позволяет моделировать клинические сценарии, взаимодействовать с виртуальными пациентами и отрабатывать действия, выполняемые в ходе оперативного вмешательства, без риска для пациента [1, 2].

Однако, несмотря на очевидные преимущества таких решений, существует ряд недостатков, одним из которых является трудоемкость и сложность производства и модификации скомпилированных VR-приложений в составе развернутых учебных систем. Необходимо решить задачу добавления новых моделей (например, органов с различными патологиями), а также обновления сопутствующих моделей и алгоритмов интерактивного взаимодействия, без необходимости переустановки и повторного развертывания системы.

В ходе решения вышеприведенной задачи было проведено исследование технологий, направленных на решение данной проблемы. Основной акцент сделан на использовании возможностей игрового движка Unity, как одной из самых распространенных и доступных платформ для создания VR-приложений. Был выявлен ряд подходов к выполнению динамического импорта 3D-моделей в среду Unity. Среди них – применение сторонних библиотек, таких как UniGLTF, обеспечивающих загрузку glTF-моделей во время выполнения [3]. Однако, данный подход требует включения в сборку дополнительных зависимостей, а также хранения множества файлов (моделей, текстур, материалов) отдельно. Это повышает сложность эксплуатации для конечного пользователя и снижает привлекательность программного продукта.

В качестве более удобного решения было выбрано использование встроенного механизма *AssetBundle* в Unity [4]. Данный механизм позволяет упаковать 3D-модель, ее текстуры и сопутствующий программный код в один бинарный файл, который может быть загружен в уже развернутое приложение удаленно. В рамках данного подхода реализована клиент-серверная архитектура, включающая веб-приложение, разработанное на платформе Java (Spring Boot). В данной системе предусмотрено разграничение ролей пользователей: разработчики получают возможность создавать и загружать *AssetBundle*-пакеты на сервер, а пользователи – скачивать их как через веб-интерфейс, так и напрямую из VR-приложения, используя персонализированный API-ключ. Это решение позволяет обеспечить контроль доступа, безопасность, простоту масштабирования, и удобство использования.

Разработанная программная система открывает широкие возможности для создания модульных медицинских симуляторов. В качестве модулей могут выступать библиотеки 3D-моделей органов с разнообразными патологиями, оборудования и расходных материалов. При появлении новых модулей, разработчик регистрирует соответствующий AssetBundle, а пользователи получают актуальную версию моделей без необходимости повторной установки и даже обновления основной программы.

Немаловажно, что предложенная, разработанная и реализованная архитектура программной системы является полностью автономной, может быть развернута на отечественных серверах и применяться как в образовательных, так и в клинических учреждениях.

Библиографический список

1. Virtual Reality in Medical Students' Education: Scoping Review / H. Jiang, S. Vimalasvaran, J. K.Wang, et al. // JMIR Medical Education. – 2022. – V. 8, No. 1. – P. No. e34860.
2. Зеленский, М. М. Виртуальная реальность (VR) в клинической медицине: международный и российский опыт / М. М. Зеленский, С. А. Рева, А. И. Шадеркина // Журнал телемедицины и электронного здравоохранения. – 2021. – No. 3. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/virtualnaya-realnost-vr-v-klinicheskoy-medicine-mezhdunarodnyy-i-rossiyskiy-opyt> (дата обращения: 16.04.2025).
3. Oshima T. UniGLTF – glTF 2.0 importer and exporter for Unity [электронный ресурс] / Oshima T. // GitHub. – URL : <https://github.com/ousttrue/UniGLTF> (дата обращения: 15.04.2025).
4. Сайт Unity, раздел Documentation [Электронный ресурс]. – URL : <https://docs.unity3d.com/Manual/AssetBundlesIntro.html> (дата обращения: 15.04.2025).

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАДИЙ СНА ПО ДАННЫМ ПОЛИСОМНОГРАФИИ

Н. М. Серова

Поволжский государственный технологический университет,
Йошкар-Ола, Россия
(e-mail: Asnserova@yandex.ru)

Сон человека разделяют на две фазы: быстрый сон (сон со сновидениями) и медленный сон (делится на 3–4 стадии). Для диагностики нарушений сна проводится полисомнографическое исследование (параллельная регистрация ЭЭГ, ЭМГ, ЭОГ и др. во время сна). По полученным данным строится гипнограмма (графическое изображение стадий сна на протяжении одной ночи). В настоящее время для определения стадий сна и построения гипнограммы могут использоваться методы машинного обучения.

Проблемой современных алгоритмов машинного обучения по определению стадий сна является плохое определение некоторых стадий по сравнению с остальными. А плохое разделение стадий влияет на зрительное отображение гипнограммы, по которой врачи оценивают сон пациента. Поэтому поиск метода и алгоритма, наилучшим образом разделяющего стадии сна друг от друга, является актуальной задачей.

Целью исследовательской работы было нахождение алгоритма (метода), более точно разграничивающего разные стадии сна.

Для исследования были выбраны три вида нейронных сетей: последовательная (Dense), сверточная (CNN) и сеть Колмогорова-Арнольда (KAN). В соответствии с данными видами сетей были созданы три модели (CNN, Dense, KAN) для машинного обучения, а также гибридная модель, сочетающая слои одномерной свертки и полносвязные слои Dense. Данные полисомнографии для обучения и тестирования моделей были взяты из набора данных [1] и разделены на выборки: тренировочная (80%), проверочная (10%), тестовая (10%).

Для CNN в качестве входных данных использовались нормированные спектрограммы, рассчитанные по первому каналу ЭЭГ путем сдвига окна длиной в 2 с с шагом 0,5 с и вычисления амплитудного спектра сигнала, попавшего в окно. Модель была обучена на 16 эпохах. Точность модели составила 74%.

Для модели с последовательными слоями входными признаками служили 5 средних значений амплитуды, рассчитанных по амплитудному спектру (по первому каналу ЭЭГ) в основных ЭЭГ частотных диапазонах: δ , θ , α , β_1 и β_2 . При 10 эпохах обучения точность модели составила 70,3% на тестовых данных.

Для модели KAN входные признаки были точно такие же как для модели Dense. При обучении модели на 30 эпохах ее точность составила 71,8% на тестовых данных.

Входными признаками гибридной модели служили 6 числовых признаков (5 средних значений ритмов ЭЭГ и 1 значение RMS с канала ЭМГ) и 2 массива значений исходных сигналов (с канала ЭЭГ и ЭОГ). Массивы подаются каждый на вход своей одномерной сверточной сети. Числовые признаки – на вход полносвязного слоя. Далее их выходы объединяются и подаются на вход простого рекуррентного слоя. На выходе происходит классификация на один из 6 классов (стадий сна). При обучении на 5 эпохах модель достигла точности 74,1%. Матрица путаницы (рис. 1) отражает точность определения каждой стадии.

Модели показывали точность, не превышающую 75% и имели трудности с определением стадии 1 медленного сна. Гибридная модель немного повысила точность определения стадии 1. Наибольшую общую точность имели: модель сверточной сети и гибридная модель. Наиболее равномерную точность по стадиям имела модель KAN, но она плохо справлялась с определением 1 стадии сна.

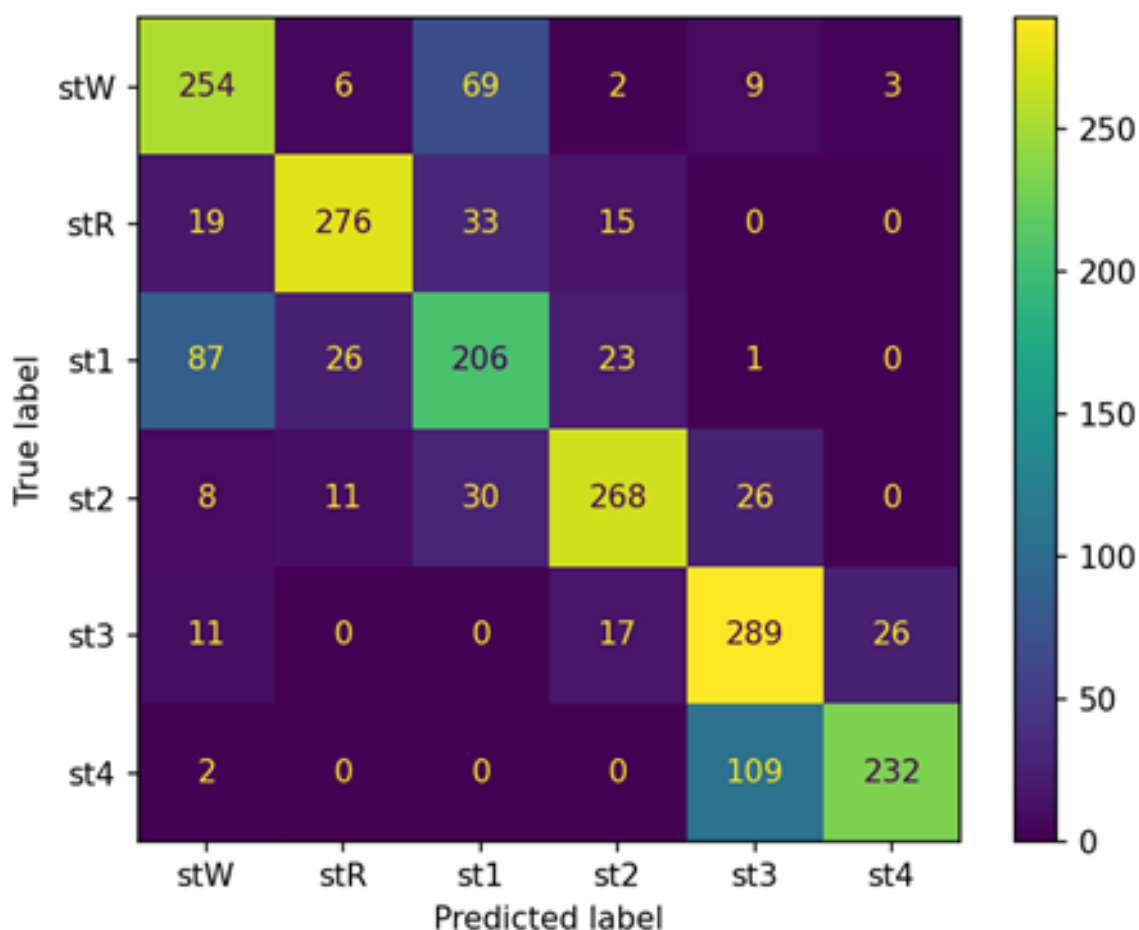


Рис. 1. Матрица путаницы, построенная по результатам тестирования гибридной модели

Можно предположить, что плохое определение стадии 1 связано не с видом и архитектурой модели машинного обучения и не с малой долей данной стадии в обучающей выборке (самая мала доля была у стадии 4, которая определялась лучше, чем стадия 1), а с физиологическими особенностями самой стадии 1. Так как стадия 1 находится между быстрым сном (со смешанной частотной активностью) и медленным сном (с преобладающим частотным ритмом), ее определение вызывает трудности у моделей машинного обучения.

Библиографический список

1. Sleep-EDF Database Expanded [Электронный ресурс]. – URL : <https://physionet.org/content/sleep-edfx/1.0.0/> (дата обращения: 21.04.2025).

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ЦИФРОВОЙ МИКРОФОКУСНОЙ РЕНТГЕНОГРАФИИ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКИ

А. В. Сударев, Е. Е. Ковшов

Российский химико-технологический университет
имени Д. И. Менделеева, Москва, Россия
(e-mail: a_sudarev2002@mail.ru)

Любая неисправность в дорогостоящей медицинской технике может привести к диагностическим ошибкам и нанести вред здоровью пациента, поэтому при оценке качества электронных компонентов необходимо обеспечить высокую достоверность применяемых методов неразрушающего контроля (НК).

Для точной оценки состояния электронных компонентов одним из информативных методов НК является цифровая микрофокусная рентгенография (ЦМФРГ), относящаяся к радиационному виду неразрушающего контроля. Его ключевое отличие от других лучевых методов контроля – использование источника рентгеновского излучения с фокусным пятном размером менее 100 мкм, что позволяет получать многократно увеличенные радиографические изображения (рентгенограммы) высокого разрешения. При обнаружении и классификации дефектов объекта контроля отдельное внимание уделяется качеству оцениваемых рентгенограмм, зависящему от физических параметров экспозиции, контрастности итогового изображения и уровня шума.

Подходить к регламентированной оценке рентгенограмм, полученных с помощью ЦМФРГ, можно как с точки зрения нормативной документации (НД) по электронным методам, так и по радиационному неразрушающему контролю. Использование НД по электронным методам хуже подходит для решения данной задачи, так как позволяют оценить качество изображения только косвенно, за счет оценки результата контроля. В связи с этим предлагается использовать количественные метрики НД по радиационному НК, адаптированному под особенности ЦМФРГ.

Оценка качества рентгенограмм производилась с использованием таких метрик, как SNR (Signal-to-Noise Ratio) и CNR (Contrast-to-Noise Ratio), измеренных согласно стандарту ISO 16371–1 [1]. Они позволяют достоверно оценить уровень шума на рентгенограмме, препятствующего обнаружению мелких дефектов, а также общую контрастность изображения, отражающую видимость деталей изображения в целом. Высокая разрешающая способность ЦМФРГ позволяет не использовать индикаторы качества изображения.

Для валидации алгоритма расчета SNR и CNR, а также адаптации нормативных показателей данных метрик (с помощью введения поправочного коэффициента) к высокой разрешающей способности ЦМФРГ, были проведены вычислительные эксперименты, включающие сравнение с результатами модели-

рования и анализ влияния уровня шума и контрастности. В процессе исследований применялся формат DICONDE (Digital Imaging and Communication in Nondestructive Evaluation), используемый для хранения и передачи результатов лучевых исследований.

Применение ЦМФРГ для выявления дефектов в электронных компонентах позволяет повысить качество и надежность дорогостоящего медицинского оборудования, что снижает затраты на его техническое обслуживание, увеличивает сроки службы и точность медицинской диагностики. Для достижения максимальной эффективности необходима стандартизация каждого технологического этапа производства, включая оценку качества сделанных в ходе контроля рентгенограмм. Апробированный алгоритм позволяет адаптировать метрики основных методов радиационного неразрушающего контроля для оценки качества рентгенограмм, полученных с помощью ЦМФРГ как вида НК.

Таким образом, разработанные математические модели, вычислительные алгоритмы и на их основе прикладное программное обеспечение в итоге позволили на практике реализовать автоматическую бинарную классификацию входных рентгенограмм по критерию их качества, что, в свою очередь, позволяет перейти к последующему обучению многослойной нейронной сети [2], детекции и классификации дефектов печатных плат, электронных компонентов и брака при их монтаже.

Библиографический список

1. ISO 16371-1-2011. Неразрушающий контроль. Промышленная компьютеризованная радиография с фосфорными пластинами для хранения изображений. Ч. 1. Классификация систем. – Geneva, Switzerland : ISO, 2011. – 32 с.
2. Корчагин, В. Д. Критериальный анализ моделей обработки данных радиационного неразрушающего контроля / В. Д. Корчагин, В. С. Кувшинников, Е. Е. Ковшов // International Journal of Open Information Technologies. – 2024. – Т. 12, № 4. – С. 23 – 31.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ФИЗИОЛОГИИ ДЫХАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

А. Ю. Ушаков, С. В. Фролов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: aleksey-ushakov-68@yandex.ru)

Физиология дыхания представляет собой сложный процесс, регулируемый нервной системой и зависящий от механических, биохимических и гемодинамических факторов. Математическое моделирование позволяет формализовать эти процессы, что важно для понимания механизмов газообмена, диагностики заболеваний и разработки медицинских устройств. В данной статье

рассматриваются основные математические модели, описывающие вентиляцию легких, газообмен и механические свойства дыхательной системы [1 – 3].

Механика дыхания. Уравнение движения дыхательной системы.

Дыхание осуществляется за счет изменения объема грудной клетки, что приводит к перепаду давлений. Основное уравнение механики дыхания:

$$P_{mus}(t) + P_{ext} = P_{el} + P_{res} + P_{inert}, \quad (1)$$

где $P_{mus}(t)$ – давление, создаваемое дыхательными мышцами; P_{ext} – внешнее давление (например, при ИВЛ); $P_{el} = \frac{V}{C}$ – эластическое давление; $P_{res} = R \frac{dV}{dt}$ –

сопротивление дыхательных путей, R – резистанс; $P_{inert} = I \frac{d^2V}{dt^2}$ – инерционное давление; I – инерционность системы.

При спокойном дыхании инерционными эффектами можно пренебречь, и уравнение упрощается:

$$P_{mus}(t) = \frac{V(t)}{C} + R \frac{dV}{dt}. \quad (2)$$

Модель изменения объема легких.

Если $P_{mus}(t)$ имеет синусоидальный характер (при спокойном дыхании), то объем легких $V(t)$ описывается решением дифференциального уравнения:

$$V(t) = V_0 + \Delta V \sin(2\pi ft - \varphi), \quad (3)$$

где V_0 – функциональная остаточная емкость (ФОЕ); ΔV – дыхательный объем; f – частота дыхания ($\sim 0,2$ Гц в покое); φ – фазовый сдвиг, зависящий от R и C .

Газообмен в легких. Уравнение диффузии кислорода и углекислого газа.

Скорость диффузии газа через альвеолярно-капиллярную мембрану описывается законом Фика:

$$\dot{V}_{O_2} = D_{O_2} A \frac{\Delta P_{O_2}}{d}, \quad (4)$$

где $\dot{V}_{O_2}$ – объем кислорода, диффундирующего за единицу времени; D_{O_2} – коэффициент диффузии; A – площадь мембраны; P_{O_2} – градиент парциальных давлений; d – толщина мембраны.

Идеальный газообмен требует соответствия вентиляции ($\dot{V}_A$) и перфузии (Q). Отклонение от нормы (например, при тромбоэмболии или эмфиземе) приводит к гипоксии. Математически это можно описать:

$$P_{aO_2} = F_{O_2} (P_{atm} - P_{H_2O}) - \frac{P_{aCO_2}}{RQ}, \quad (5)$$

где P_{aO_2} – парциальное давление O_2 в артериальной крови; RQ – дыхательный коэффициент ($\sim 0,8$); F_{O_2} – фракция кислорода во вдыхаемом воздухе.

Математические модели дыхательной системы позволяют анализировать физиологические и патологические процессы, прогнозировать последствия заболеваний и оптимизировать методы лечения. Дальнейшее развитие моделей требует учета нелинейностей, индивидуальных анатомических особенностей и динамического взаимодействия с сердечно-сосудистой системой.

Библиографический список

1. Фролова, Т. А. Информационные модели для оценки медицинского устройства / Т. А. Фролова, М. С. Фролова // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Вып. 4, Т. 3. – С. 123 – 128.
2. Фролова, М. С. Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода / М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2015. – № 4(58). – С. 139 – 145.
3. Фролова, М. С. Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода / М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 4(58). – С. 139 – 145.

МОДЕЛЬ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЖИДКОСТНОЙ ИСКУССТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ЛЕГКИХ

А. Д. Филиппов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: shura.filippov.2006@gmail.com)

В современной экспериментальной медицине и медицинской технике, особенно в области газожидкостной искусственной вентиляции легких, существует потребность в эффективных и точных моделях дыхательной системы [1]. Эти модели критически важны для изучения различных способов и режимов искусственной жидкостной вентиляции, а также для проведения испытаний и отладки аппаратов, используемых для лечения и снижения смертности пациентов, включая как взрослых, так и новорожденных.

Для достижения указанного результата предлагается модель дыхательной системы для жидкостной ИВЛ, содержащая имитатор легких пациента, первый регулятор потока среды, связанный с аппаратом искусственной вентиляции легких посредством тройника пациента, и имитатор трахеи. Отличительной особенностью является то, что введен имитатор остаточного объема жидкости в легких, исполнительный механизм имитатора трахеи и второй регулятор потока среды. При этом вход второго регулятора потока среды соединен с имитатором трахеи, управляемым исполнительным механизмом, а выход – с имитатором легких пациента, выход которого соединен с имитатором остаточного

объема жидкости в легких. Первый регулятор потока среды соединен с аппаратом жидкостной вентиляции легких посредством тройника пациента.

В данной модели регуляторы потока среды выполнены в виде шаровых кранов, модель трахеи – в виде тонкостенной эластичной трубки с герметично закрепленными на ее концах патрубками, жестко связанными с исполнительным механизмом. Имитатор легких пациента выполнен в виде эластичного меха, а имитатор остаточного объема жидкости в легких – в виде эластичного мешка. Тройник пациента обеспечивает герметичное подключение модели к аппарату жидкостной вентиляции легких. Имитатор трахеи, управляемый исполнительным механизмом, обеспечивает прохождение жидкости через трахею с учетом изменения просвета трахеи. Исполнительный механизм изменяет жесткость имитатора трахеи, влияя на величину потока дыхательной жидкости.

Принцип работы устройства заключается в том, что на фазе вдоха дыхательная жидкость из аппарата жидкостной вентиляции легких через тройник пациента и шаровой кран, имитирующий изменение внутреннего диаметра трахеи, попадает в имитатор трахеи. Исполнительный механизм растягивает или сжимает трубку, изменяя ее жесткость и просвет. Затем жидкость через второй шаровой кран попадает в резиновый мех, имитирующий легкие пациента, и накапливает заданный аппаратом объем жидкости. Часть жидкости, проходящая сквозь мех, накапливается в силиконовом мешке, имитируя остаточный объем жидкости в легких. На фазе выдоха аппарат жидкостной ИВЛ создает в модели отрицательное давление, и жидкость выкачивается обратно. При этом часть жидкости, в зависимости от настроек модели и аппарата жидкостной ИВЛ, остается в мешке, имитируя остаточный объем жидкости (рис. 1).

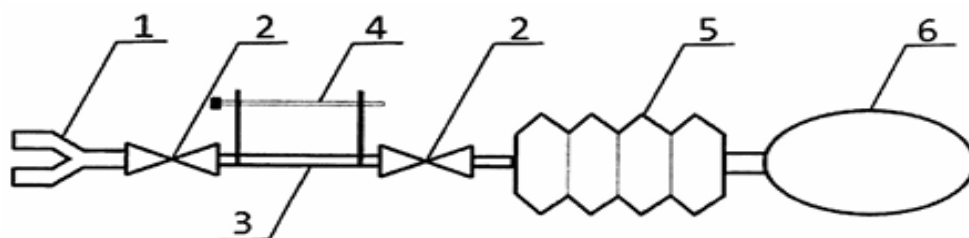


Рис. 1. Принципиальная схема устройства:

1 – тройник пациента; 2 – шаровые краны; 3 – имитатор трахеи;
4 – исполнительный механизм; 5 – эластичный мех; 6 – эластичный мешок

Внедрение устройства имитации дыхательных циклов для аппаратов жидкостной ИВЛ, с изменяемыми параметрами дыхательной системы, является ключевым фактором улучшения качества лечения пациентов и снижения смертности, поскольку обеспечивает возможность проведения всесторонних испытаний и отладки оборудования.

Библиографический список

1. Градиентный метод нейросетевого управления многосвязными нелинейными нестационарными стохастическими системами / С. В. Фролов, А. Ю. Потлов, А. А. Коробов, К. С. Савинова // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2021. – № 5. – С. 41 – 48.

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭКГ

А. Д. Филиппов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: shura.filippov.2006@gmail.com)

ЭКГ представляет собой запись электрических потенциалов активности сердца, снятую с одного или нескольких отведений. В кардиограмме выделяют несколько элементов: Р – зубец, отражающий процесс деполяризации правого и левого желудочка, QRS – комплекс, который отражает процесс деполяризации желудочков и Т – зубец, характеризующий процесс конечной реполяризации миокарда желудочков.

В статье рассматривается метод диагностирования Р-зубца, который основан на следующем подходе: сначала кардиограмма оцифровывается, что позволяет ввести ее в программу в виде одномерного массива для дальнейшей обработки. Далее массив преобразуется, приводя сигнал к нулевому математическому ожиданию и нормализуя его. После этого проводится исследование для выбора оптимальной вейвлет-функции. На следующем этапе происходит выделение ключевых параметров ЭКГ-сигнала и зубца Р. Завершает процесс анализ и интерпретация полученных данных [1].

Коэффициенты $C_{a,b}$, соответствующие масштабному коэффициенту a и положению b , определяются формулой:

$$C_{a,b} = \sum_{t=b-a}^{b+a} (s_t \psi(t, a, b)),$$

где a – частота (масштаб); b – безразмерное время; N – количество отсчетов; t – время; $\psi(t, a, b)$ – вейвлет-функция; s – исходный сигнал.

Для удаления QRS-комплекса обнулим коэффициенты вейвлет-анализа в окрестности соответствующих точек, а также обнулим вейвлет-коэффициенты, соответствующие Т-зубцу. Выполним восстановление исходного сигнала с использованием аппроксимирующих коэффициентов для реконструкции биортогонального вейвлета. Обнулим все отрицательные коэффициенты полученной функции [2]. На рисунке 1 изображен восстановленный сигнал, после всех преобразований.

Как видно из рис. 1, выделился Р-зубец. Программным способом определим временной интервал $\Delta t_p = 1,185 - 1,105 = 0,08$.

Сравнивая данное значение с референсным, можно сделать вывод о том, что данный показатель находится в пределах нормы.

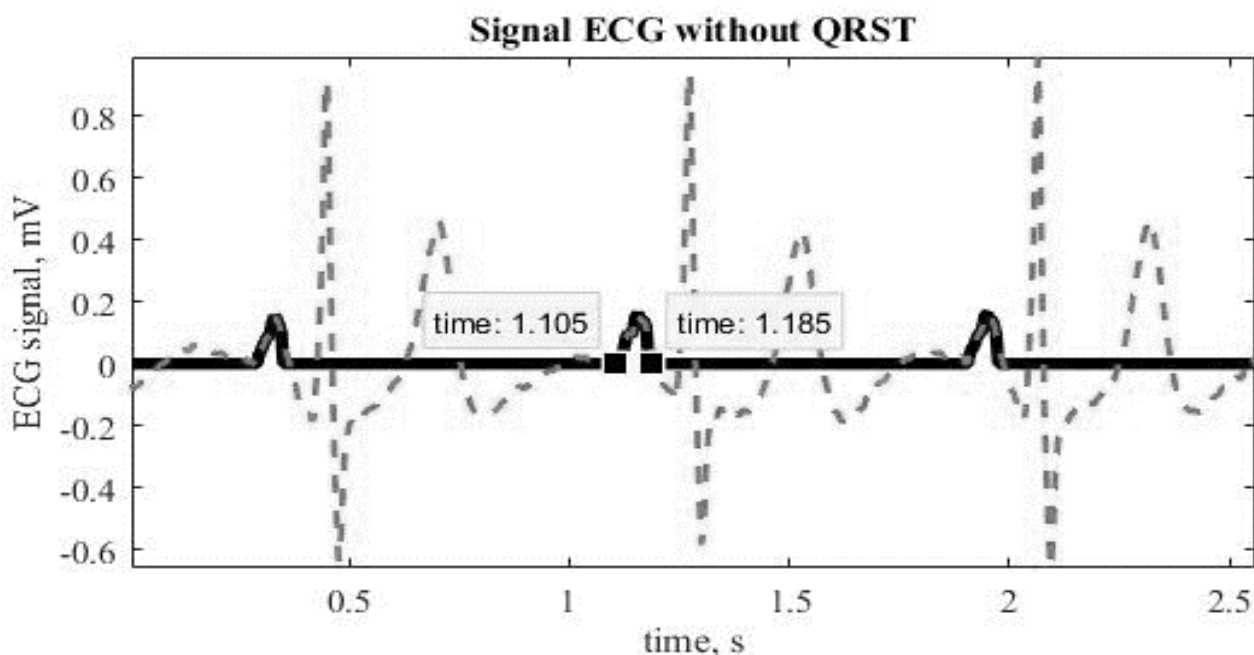


Рис. 1. ЭКГ-сигнал с выделенным Р-зубцом

Библиографический список

1. Смоленцев, Н. К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB / Н. К. Смоленцев. – М. : ДМК Пресс, 2008. – 448 с.
2. Аветисян, А. Р. Выделение признаков ЭКГ с использованием комплексного вейвлета / А. Р. Аветисян, Я. И. Шнякина, В. В. Дубровин // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы VIII Международн научн-технм конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – 2021. – С. 172 – 174.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО СЕРДЦА С ДЕФЕКТОМ МЕЖПРЕДСЕРДНОЙ ПЕРЕГОРОДКИ

С. Р. Штыркова

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: sofiashtyrkova4828@gmail.com)

Врожденные пороки сердца являются самыми распространенными из всех пороков развития. Из них часто встречающимся является дефект межпредсердной перегородки (ДМПП). ДМПП составляет 7,1...8,7% от всех врожденных пороков сердца. У 30...50% детей с врожденным пороком сердца ДМПП является частью порока [1].

Дефект межпредсердной перегородки – это врожденный порок сердца, при котором в межпредсердной перегородке образуется отверстие. Через него кровь поступает из левого предсердия в правое, из-за чего сосуды легких получают больше крови, чем нужно.

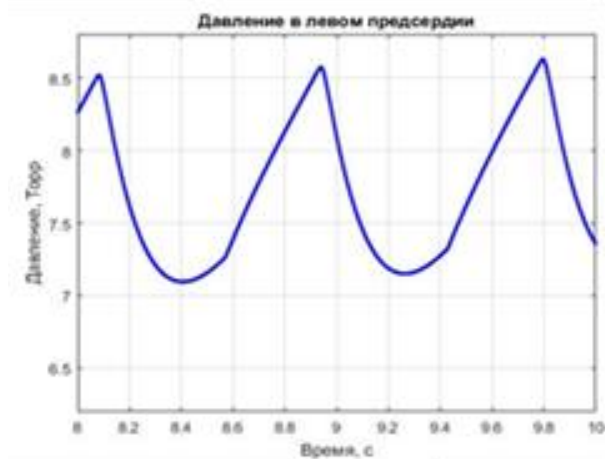
Оптимальным решением в вопросе моделирования дефекта межпредсердной перегородки является создание модели здорового сердца и включение в нее блока, характеризующего аномалию.

В общем виде модель представляет собой последовательно соединенные активные и пассивные упругие камеры. Камеры связаны между собой гидродинамическими, механическими и физиологическими законами [2].

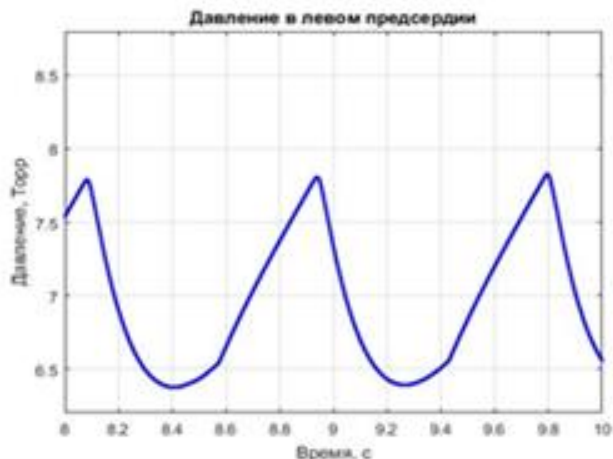
Проведем исследование математической модели сердечно-сосудистой системы с ДМПП.

Построим графики давлений в левом предсердии для здорового сердца и сердца с врожденным пороком.

Давление в левом предсердии без врожденного порока (рис. 1, а) находилось в диапазоне от 8,6 до 7,1 *Torr*, а после внесения в математическую модель порока (рис. 1, б) диапазон составил от 7,8 до 6,4 *Torr*. В процентном соотношении изменение составило 10%.



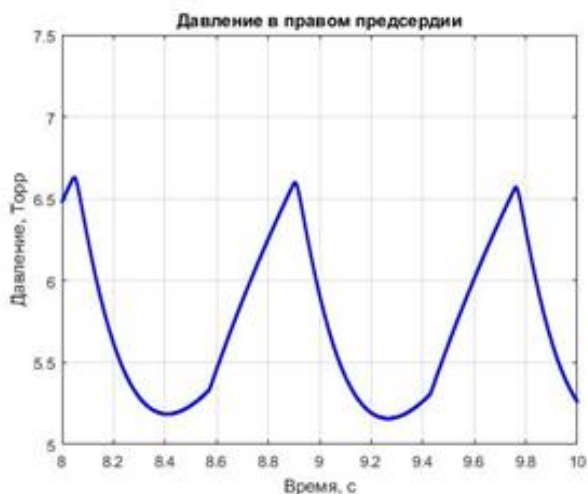
а)



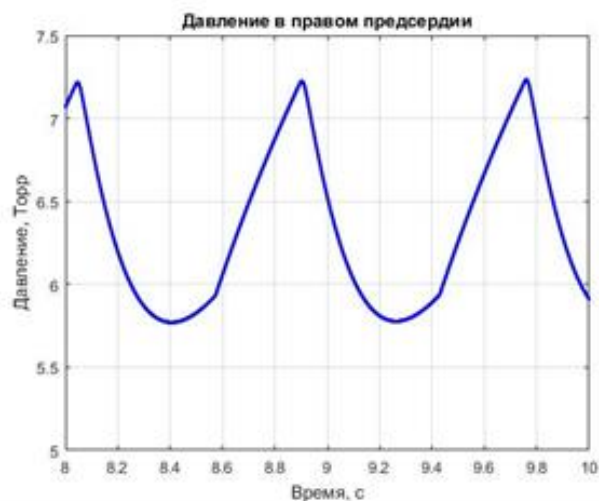
б)

Рис. 1. Давление в левом предсердии:

а – без порока; б – с пороком



а)



б)

Рис. 2. Давление в правом предсердии

а – без порока; б – с пороком

Аналогично построим графики давлений в правом предсердии для здорового сердца и сердца с врожденным пороком.

Давление в правом предсердии без врожденного порока (рис. 2, *а*) находилось в диапазоне от 6,6 до 5,2 *Torr*, а после внесения в математическую модель порока (рис. 2, *б*) диапазон составил от 7,2 до 5,8 *Torr*. В процентном соотношении изменение составило 8,4%.

Полученные графики давлений в предсердиях полностью соответствуют данным медицинской литературы о ДМПП.

Таким образом, разработка математической модели сердечно-сосудистой системы с врожденным пороком межпредсердной перегородки позволит повысить качество медицинской диагностики.

Библиографический список

1. Фролов, С. В. Математическое моделирование пульсирующего сердца с дефектом межжелудочковой перегородки / С. В. Фролов, Д. Е. Судаков, А. А. Коробов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2024. – № 2. – С. 79 – 106.

2. Судаков Д. Е. Исследование модели пульсирующего сердца с дефектом межжелудочковой перегородки / Д. Е. Судаков // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : тр. IX Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – 2024. – С. 241–242.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО СЕРДЦА С ВРОЖДЕННЫМ СТЕНОЗОМ ЛЕГОЧНОЙ АРТЕРИИ

С. Р. Штыркова

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: sofiashtyrkova4828@gmail.com)

Врожденные пороки сердца являются самыми распространенными из всех пороков развития. Из них часто встречающимся является стеноз легочной артерии (СЛА). СЛА составляет от 2,4...12% от всех врожденных пороков сердца [1].

Легочный стеноз – это сужение выносящего тракта правого желудочка, вызывающее препятствие току крови из правого желудочка в легочную артерию во время систолы.

Оптимальным решением в вопросе моделирования стеноза легочной артерии является создание модели здорового сердца и внесение в нее изменений, характеризующих аномалию (проводимость легочной артерии).

В общем виде модель представляет собой последовательно соединенные активные и пассивные упругие камеры. Камеры связаны между собой гидродинамическими, механическими и физиологическими законами [2].

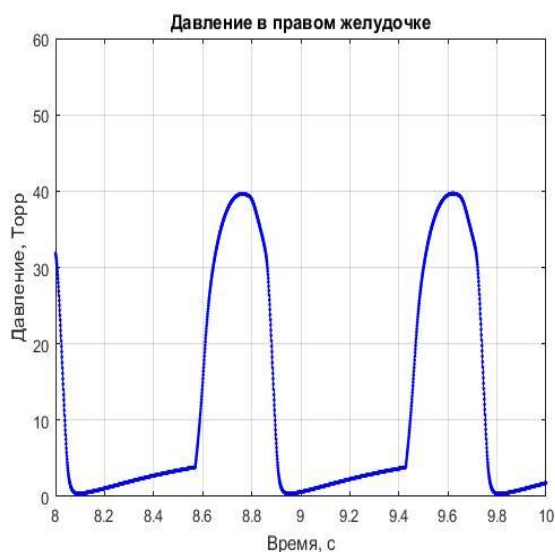
Проведем исследование математической модели сердечно – сосудистой системы с СЛА.

Построим графики давлений в правом желудочке для здорового сердца и сердца с врожденным пороком.

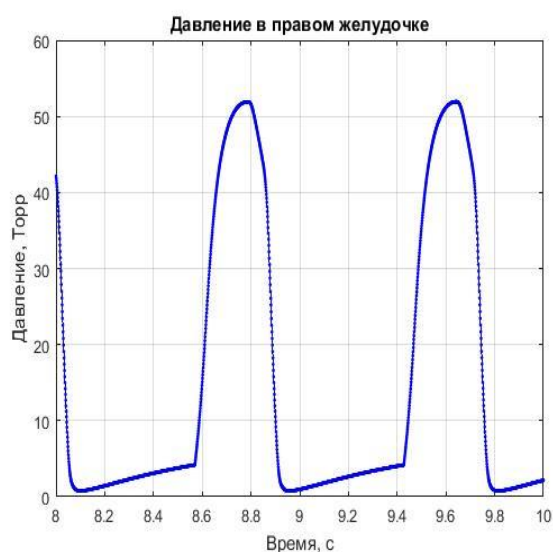
Давление в правом желудочке без врожденного порока (рис. 1, *а*) составило 40 *Torr*, а после внесения в математическую модель порока (рис. 1, *б*) составило 52 *Torr*. В процентном соотношении изменение составило 23%.

Аналогично построим графики давлений в легочной артерии для здорового сердца и сердца с врожденным пороком.

Давление в легочной артерии без врожденного порока (рис. 2, *а*) находилось в диапазоне от 34 до 18 *Torr*, а после внесения в математическую модель порока (рис. 2, *б*) диапазон составил от 42 до 20 *Torr*. В процентном соотношении изменение составило 19%.



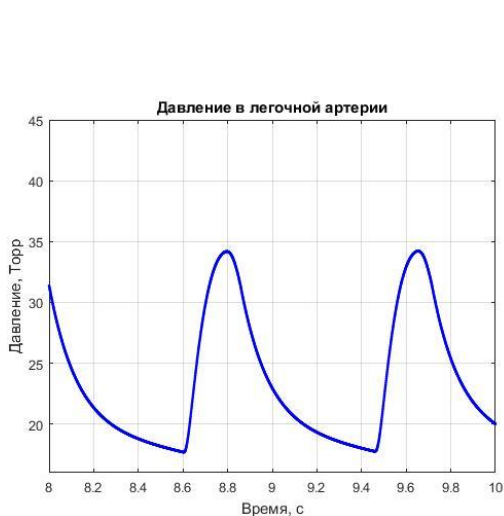
а)



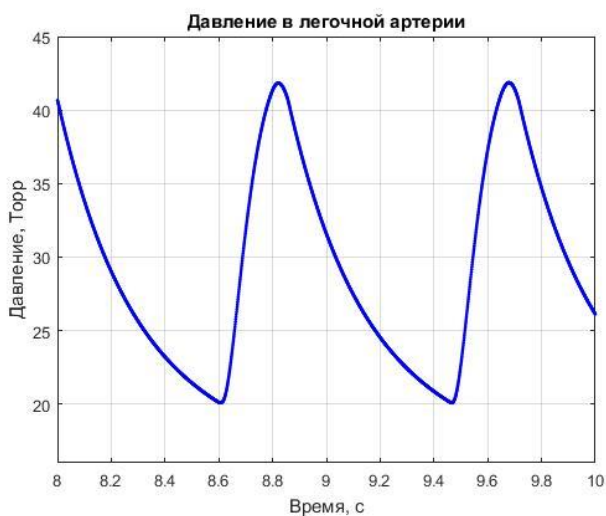
б)

Рис. 1. Давление в правом желудочке:

а – без порока; *б* – с пороком



а)



б)

Рис. 2. Давление в легочной артерии:

а – без порока; *б* – с пороком

Полученные графики давлений полностью соответствуют данным медицинской литературы о СЛА.

Таким образом, разработка математической модели сердечно-сосудистой системы с врожденным стенозом легочной артерии позволит повысить качество медицинской диагностики.

Библиографический список

1. Фролов, С. В. Математическое моделирование пульсирующего сердца с дефектом межжелудочковой перегородки / С. В. Фролов, Д. Е. Судаков, А. А. Коробов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2024. – № 2. – С. 79 – 106.

2. Судаков Д. Е. Исследование модели пульсирующего сердца с дефектом межжелудочковой перегородки / Д. Е. Судаков // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : тр. IX Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – 2024. – С. 241–242.

ЦИФРОВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

И. В. Щеголев

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия,
(e-mail: ivansegodev@gmail.com)

Рассматриваемый прибор для измерения артериального давления и частоты пульса цифровой состоит из компрессионной манжеты, соединенной с блоком измерения артериального давления и частоты пульса, который включает в себя модуль создания и сброса давления, модуль определения давления, аналого-цифровой преобразователь, модуль памяти, предназначенный для сохранения результатов измерения и связи данных артериального давления и частоты пульса, которые получены вычислениями аналого-цифровой преобразователя, дисплей для отображения результатов измерения, при этом аналого-цифровой преобразователь соединен с размещенным внутри блока измерения артериального давления и частоты пульса модулем приемо-передающим, содержащим интерфейсы для передачи результатов измерений по каналам подвижной радиосвязи медицинским информационным системам и в мобильное устройство отображения информации пользователя, сопряженное с блоком селективности пользовательских данных, выполненным с возможностью двустороннего обмена данными с модулем памяти. Технический результат заключается в повышении точности передачи результатов измерений с возможностью использования устройства для передачи результатов измерений по каналам подвижной радиосвязи медицинскими информационными системами в мобильное устройство отображения информации пользователя с последующим использованием результатов в различных программах лечения пациентов [1 – 3].

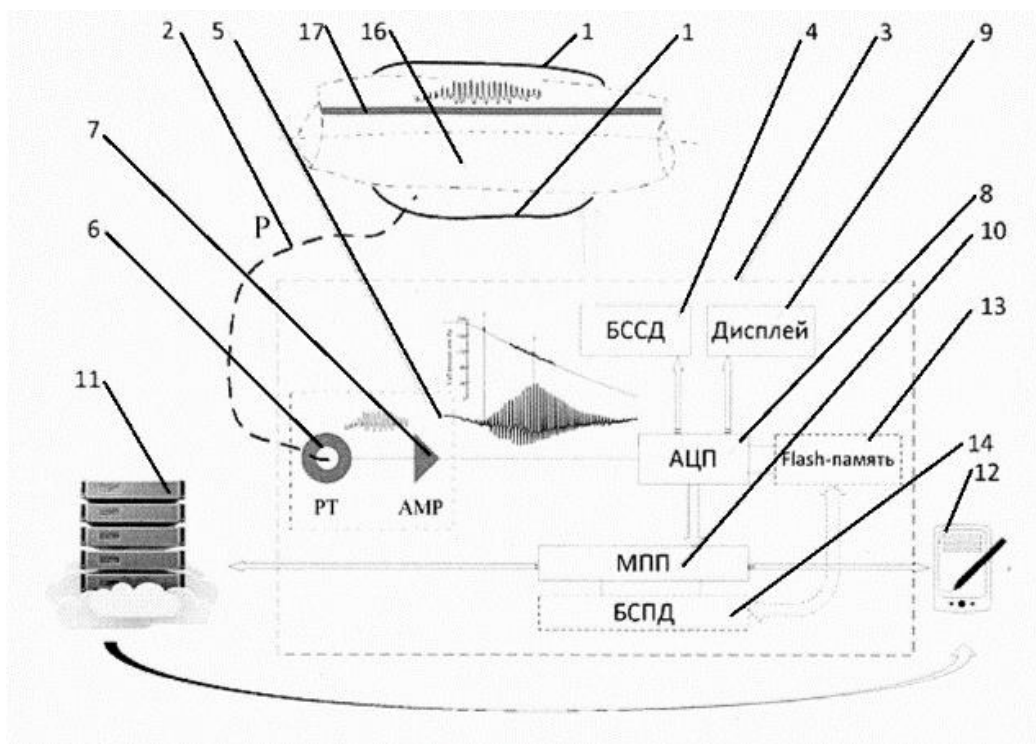


Рис. 1. Схема устройства:

1 – компрессионная манжета; 2 – соединительный элемент;
 3 – блок измерения артериального давления и частоты пульса;
 4 – модуль создания и сброса давления; 5 – модуль определения давления;
 6 – датчик давления; 7 – усилитель сигнала; 8 – аналого-цифровой преобразователь;
 9 – дисплей для отображения результатов измерения; 10 – модуль приемо-передающий, содержащий интерфейсы для передачи результатов измерений по каналам подвижной радиосвязи; 11 – медицинская информационная система; 12 – мобильное устройство отображения информации пользователя; 13 – модуль памяти; 14 – блок селективности пользовательских данных; 15 – пользователь; 16 – плечо (конечность); 17 – кровеносный сосуд (артерия); 18 – программа лечения пациента; 19 – медицинские работники

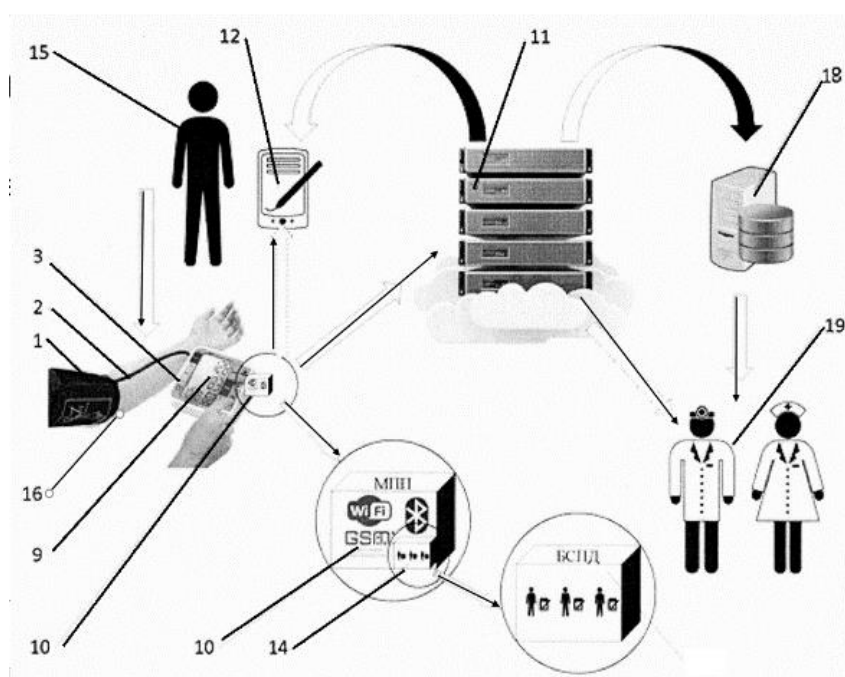


Рис. 2. Схема функционирования (обозначения см. на рис. 1)

Данный прибор дает возможность не только упростить процесс измерения артериального давления, но и оперативно передавать данные о состоянии пациента врачебным базам данных, а это дает возможность быстрее обработать полученные данные и принять решение о дальнейшем лечении пациента.

Библиографический список

1. Фролова, Т. А. Information Models of a Medical Device for its Evaluation / Т. А. Фролова, М. С. Фролова, И. А. Толстухин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 587 – 591.
2. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем / С. В. Фролов, С. Н. Макоев, С. В. Семенова, С. Г. Фареа // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 266 – 272.
3. Фролова, М. С. Системы поддержки принятия решений для задач оснащения лечебных учреждений медицинской техникой / М. С. Фролова, С. В. Фролов, И. А. Толстухин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – Специальный выпуск 52. – С. 106 – 111.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НС ДЛЯ АНАЛИЗА ЭКГ

И. В. Щеголев, В. В. Дубровин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: ivansegodev@gmail.com; dubrowin.tgtu@yandex.ru)

В настоящее время автоматизированное обнаружение аномалий на электрокардиограммах очень значимо для увеличения эффективности диагностирования сердечно-сосудистых заболеваний, а также облегчения работы медицинского персонала. Для решения такой задачи предлагается использование нейронной сети [1]. При обучении нейронной сети в качестве признаков заболеваний используются параметры электрокардиосигнала. При этом используются признаки зубцов Р, Т и интервалов PQ, QRS, ST, TP и RR. В таблице 1 представлены данные десяти примеров обучения НС. Целевой вектор является известным решением задачи, где 1 – нормальная электрокардиограмма; 0 – желудочковая экстрасистолия.

Нейронная сеть представляет собой многослойную структуру. Количество слоев и примеров обучения определяются точностью получения результатов. После обучения сеть используется для выделения признаков заболеваний [2].

В приведенном примере НС используется для вывода двух значений:

- 1) Нор – отсутствие желудочковой экстрасистолии.
- 2) ЖЭ – присутствие желудочковой экстрасистолии.

1. Представление данных десяти примеров

Признак	Входной вектор									
P	9	7	7	9	6	12	12	12	11	11
PQ	14	14	14	14	14	17	16	37	37	38
QRS	11	12	11	11	12	15	15	17	17	17
ST	35	35	36	35	35	30	29	29	42	29
T	20	20	19	20	20	17	17	17	17	17
TP	77	71	78	78	71	18	30	30	18	17
RR	153	147	156	153	149	113	106	119	113	104
Целевой вектор										
	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
	НОР					ЖЭ				

Внедрение нейронной сети в систему анализа сигналов ЭКГ позволит выявить желудочковую экстрасистолию еще на этапе измерений. Это сокращает долю участия врача в постановлении диагноза, а значит, исключает ошибки, вызванные человеческим фактором, что приводит к увеличению эффективности диагностики, скорейшей помощи пациенту и упрощению работы медицинского персонала [3].

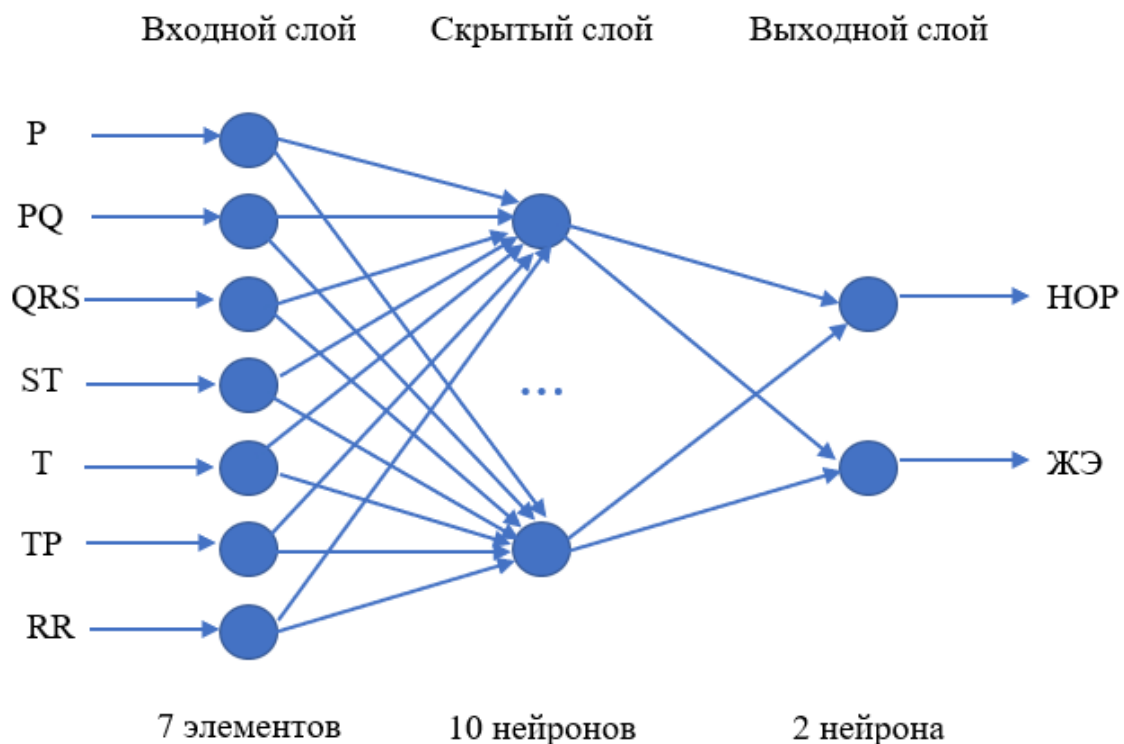


Рис. 1. Схема нейронной сети для классификации ЭКГ

Библиографический список

1. Барский, А. Б. Введение в нейронные сети : учебное пособие / А. Б. Барский. – М. : 2016. – 358 с.
2. Басараб, М. А. Интеллектуальные технологии на основе искусственных нейронных сетей : учебное пособие / М. А. Басараб, Н. С. Коннова. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. – 56 с.
3. Барский, А. Б. Нейросетевые технологии оптимизации решений, учебное пособие : учебное пособие / А. Б. Барский. – СПб. : ИЦ Интермедия, 2016. – 312 с.

Секция 4

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ И СВЯЗИ В ПЕРИОД ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

РОЛЬ РАДИОСВЯЗИ ПРИ ПРОРЫВЕ БЛОКАДЫ ЛЕНИНГРАДА

И. С. Малышев, А. А. Брехов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: tstu@admin.tstu.ru)

Блокада Ленинграда длилась с 8 сентября 1941 года по 27 января 1944 года и стала одной из самых трагических страниц в истории Второй мировой войны. В условиях полной изоляции от внешнего мира жизненно важным элементом устойчивости обороны города и организации операций по его освобождению стала радиосвязь. Она позволила командованию сохранять управление войсками, координировать наступления, передавать разведданные, а также поддерживать моральный дух жителей.

С началом блокады практически полностью были разрушены телефонные линии и телеграфные каналы. В условиях тотального отключения традиционных средств связи радио стало единственным устойчивым каналом коммуникации, функционировавшим круглосуточно. Радиосвязь играла не только тактическую, но и стратегическую роль:

- Обеспечивала постоянный контакт между штабами фронтов и командованием в Москве.
- Позволяла передавать приказы и доклады в реальном времени, несмотря на постоянные воздушные налеты и артиллерийские обстрелы.
- Радиостанции использовались и в городе, и на фронте, и на подступах к Ленинграду, включая Ладожское озеро и «Дорогу жизни».

Таким образом были сформированы радиодивизионы «Спецназ». Именно благодаря их действиям удалось заблокировать основные радиостанции ключевых группировок противника, включая организацию радиоблокады во время окружения армии Паулюса в Сталинграде.

Координация фронтов при прорыве блокады (операция «Искра»)

Операция «Искра» была проведена в январе 1943 года силами Ленинградского и Волховского фронтов. Основная цель – создание сухопутного коридора к Ленинграду через узкий участок южного берега Ладожского озера. Для успешной реализации этой задачи необходимо было обеспечить точную синхронность действий двух фронтов, наступавших навстречу друг другу с разных направлений.

Ключевую роль в этом сыграла радиосвязь:

- Была организована централизованная радиосеть между армейскими и фронтовыми штабами.
- Обеспечивалась постоянная передача данных о продвижении войск, сопротивлении противника и корректировке планов.

- Особую ценность имели радиоперехваты и сообщения разведки, позволявшие оперативно реагировать на действия врага.
- Артиллерийская поддержка и авиаудары координировались по радио, обеспечивая точность поражения целей.

Без четкой и быстрой связи успешный прорыв блокады мог бы оказаться невозможным. Радиообмен минимизировал временные задержки между получением приказа и его выполнением на местах.

Радиосвязь стала «невидимой артерией» обороны и спасения Ленинграда. Ее роль выходит далеко за рамки технической поддержки: она обеспечила координацию прорыва блокады, связь с союзными силами и населением, передачу разведывательных данных и сохранение человеческого духа. Работа связистов – важнейшая, хотя часто незаметная, часть Великой Победы. Без их мужества и самоотверженности невозможно было бы осуществить ни одну крупную операцию, включая стратегически важную операцию «Искра».

Библиографический список

1. Егорова, В. В. Радио в блокадном городе: история ленинградского радиокомитета в годы войны / В. В. Егорова. – СПб. : Наука, 2012.
2. Барсуков, И. И. Связь в Великой Отечественной войне 1941 – 1945 гг. / И. И. Барсуков. – М. : Воениздат, 1973.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ

Д. А. Бритиков

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(britikov05@mail.ru)

Возникновение радиолокации связано с открытием основоположником радио А. С. Поповым и его учеником и соратником Н. А. Рыбкиным явления отражения радиоволн различными объектами, находящимися на пути распространения электромагнитной энергии. Зарождение радиолокации в России относится к началу 30-х годов XX столетия. Термин «радиолокация» официально принят в СССР в 1944 году.

Инициатором работ по созданию в Советском Союзе радиолокационных средств дальнего обнаружения самолетов был военный инженер П. К. Ощепков, который в 1932 году выдвинул идею радиообнаружения, а в 1933 году в докладе начальнику Управления ПВО изложил соображения о целесообразности применения в аппаратуре радиообнаружения метода импульсного излучения радиоволн вместо непрерывного.

В 1939 году на вооружение войск ПВО были приняты разработанные под руководством инженера Д. С. Стогова разнесенные РЛС непрерывного излучения «Ревень», которые по предложению К. Е. Ворошилова были названы радиоуправляемыми самолетами РУС-1.

Вслед за этим коллектив инженеров под руководством Ю. Б. Кобзарева создал более совершенный совмещенный импульсный радиолокатор «Редут», названный РУС-2, который был принят на вооружение в 1940 году.

В 1941 году был разработан подвижный и усовершенствованный вариант РУС-2 под названием «Пегматит» (РУС-2с).

В процессе выпуска опытной и последующих партий РЛС РУС-2с велись работы по ее дальнейшему совершенствованию, что позволило в апреле 1942 года перейти на выпуск модернизированной станции под названием П-2М. Эта станция выпускалась в течение всей войны НИИ и рядом радиозаводов.

В конце Великой Отечественной войны, в 1944 году на вооружение была принята РЛС П-3, пришедшая на смену РУС-2. РЛС П-3 в разборном варианте с двумя антеннами (угломестной, работавшей на излучение и прием, и азимутальной, работавшей только на прием) была разработана в НИИ-20 (ВНИИРТ).

1947 год первой послевоенной РЛС метрового диапазона дальнего обнаружения самолетов стала станция П-3А «Печора», разработанная под руководством Е. В. Бухвалова в СКБ завода № 197 (ныне АО «ФНПЦ “ВНИИРТ”»).

Бухвалов В. Е. внес выдающийся вклад в формирование и становление одного из ведущих в радиоэлектронной отрасли предприятий-разработчиков и изготовителей радиолокационной техники. Он был главным конструктором еще пяти совершенно разных, но надежных и удобных в эксплуатации РЛС – П-8, П-10, П-12, П-12М, П-95.

Двухкоординатная РЛС дежурного режима кругового обзора метрового диапазона волн П-18 «Терек», разработанная на Горьковском телевизионном заводе имени В. И. Ленина под руководством главного конструктора Н. П. Антоновой, принята на вооружение в 1971 году.

Двухкоординатная РЛС кругового обзора метрового диапазона волн 1Л13 «Небо-СВ» принята на вооружение в 1986 году.

Представителями РЛС последнего поколения являются цифровые РЛС 1Л119 «Небо-СВУ», 1Л125 «Ниобий-СВ». А. Д. Бомштейн является главным конструктором РЛС 1Л125 «Ниобий-СВ» и заместителем главного конструктора РЛС 1Л119 «Небо-СВУ».

Весь объем функциональных задач реализуется программным способом на базе компьютерных технологий: пространственно-временная и вторичная обработка, управление, отображение, контроль, сопряжение, тренаж и документирование.

Нижегородский телевизионный завод имени В. И. Ленина (ПАО «НИТЕЛ») на Международном военно-техническом форуме «Армия-2018» в Кубинке представил натурный образец модернизированной подвижной двухкоординатной РЛС обнаружения П-18-2.

В заключение следует отметить, что РЛС метрового диапазона составляют основную часть РЛС дежурного режима. Они имеют следующие достоинства: большое покрытие; обнаружение летательных аппаратов по технологии

«Стелс»; высокая энергоэффективность; минимальное влияние излучения РЛС на здоровье человека; низкая стоимость эксплуатации; большое время наработки на отказ.

Библиографический список

1. Пудовкин, А. П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах : монография / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения, 2014. – 256 с.

ИСТОРИЯ РАДИО В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

Т. Ю. Дорохова¹, А. В. Дорохова²

¹Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: tandor81@mail.ru);

²МАОУ Лицей № 6, Тамбов, Россия
(e-mail: doroxova2007@bk.ru)

С началом войны радиосвязь стала важнейшим средством оперативного управления войсками и информирования населения огромной страны, также возникла необходимость эвакуации многих радиовещательных станций из западных районов страны в восточные. Так были демонтированы и переброшены на новые места основные мощные радиостанции Москвы и ряда других городов, находившихся в зоне военных действий, в особо сложных условиях эвакуировались ленинградские радиостанции. Эвакуация радиостанций из Москвы привела к полному переходу Центрального вещания на короткие волны и вещанию от трех программ к одной. Радиопередачи осуществлялись в живом исполнении, а к 1943 году объем работы радиостанций не только достиг довоенного уровня, но и превысил его. Чтобы обеспечить качество слышимости передач советского Центрального радиовещания на территориях, оккупированных фашистами, в 1942 году было начато проектирование и строительство новой радиостанции мощностью 1200 кВт. Основное оборудование для нее производилось в блокадном Ленинграде в труднейших условиях. Строительство радиостанции было в Куйбышеве (Самаре), оборудование переправляли через линию фронта.

С первых дней войны всем гражданам СССР запрещалось использовать дома любые радиоприемники, кроме репродукторов проводного вещания. Граждане должны были сдать имеющиеся у них радиоприемники на государственное хранение, не сдавшие – подлежали немедленному аресту. Цель этого заключалась в возможности лишить рядового гражданина получать какую-либо информацию помимо той, которую сообщало Всесоюзное радио и исключить возможность получения недостоверной информации. В сообщениях Совинформбюро радиопередачи, предназначенные для фронта, обычно носили

митинговый, пропагандистский характер, велись сообщения о боевых действиях армии и флота, а также передачи о самоотверженном труде советских людей в тылу. Все передачи воспитывали в людях горячую любовь к родине, укрепляли их веру в победу.

К 1941 году в СССР было всего три завода, производящих оборудование для радиосвязи: «Красная заря» (телефоны), завод им. Кулакова (телеграфы), завод им. Коминтерна (радиоаппаратура). Производственных мощностей не хватало, чтобы обеспечить армию необходимой техникой, так как все заводы были эвакуированы и заново развернуты в тылу. Советские самолеты не были оснащены радиоприемниками. Когда станции воздушного наблюдения фиксировали вторжение, информацию о направлении и высоте полета противника выкладывали на земле с помощью белых полотен. Пилоты общались друг с другом в воздухе с помощью покачиваний крыльями. Поэтому группы летали в пределах видимости визуальных сигналов. В то время как немецкие истребители взаимодействовали с помощью бортовых приемников FuG 7, умели сбрасывать бомбы вовсе не наблюдая цели, для наводки использовался аналог стереозвучания: радиолокационная система генерировала лучи, которые сходились в городе-цели. Один передатчик транслировал сигнал «тире» кода Морзе в правый наушник пилота, другой передатчик посылал сигналы типа «точка». Пилот буквально слышал, что он отклоняется от курса.

Среди пехоты и артиллерии применялась радиостанция РБ (З-Р), работавшая от сухих батарей БАС-60 и одного аккумулятора 2НКН-22, которые размещались в выносном батарейном ящике. Выпускалась с 1938 г. и оказалась такой успешной, что США просили лицензию на производство. Радиостанция «Север» обеспечивала связь на расстоянии до 500 км и часто использовалась в партизанских отрядах и разведгруппах. Танковый приемник «Малютка-Т» состоял из приемника и передатчика, которые были подключены к бортовой сети танка. Командиры подразделений отдавали приказы одновременно всем находящимся на частоте приемникам. Радиостанции РСИ-4 устанавливались на новые истребители и позволяли в телефонном режиме поддерживать связь на расстоянии до 150 км. Важно понимать, что к такому оснащению пришли не сразу. Вклад радио в победу над фашистской Германией неоспорим, постановлением Совнаркома СССР от 4 мая 1945 года было решено установить 7 мая ежегодным Днем радио, учитывая «важнейшую роль радио в культурной и политической жизни населения и обороны страны».

Библиографический список

1. Желнов, Д. А. Радио в годы Великой Отечественной войны / Д. А. Желнов. – 2020. – 10 с. – URL : <https://docviewer.yandex.ru/view/1472639774/>

РАЗВИТИЕ СРЕДСТВ РАДИОСВЯЗИ ВО ФРОНТОВОЙ АВИАЦИИ В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

А. В. Богомолов, А. Д. Ильин

Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени проф. Н. Е. Жуковского
и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия
(e-mail: bogomolov_av@mail.ru)

В ходе Великой Отечественной войны продолжалось совершенствование организации и обеспечения связи, которое происходило по следующим направлениям: количественно-качественные изменения в средствах связи; совершенствование подготовки связистов; развитие организационно-штатной структуры частей и подразделений связи; развитие способов организации и осуществления связи в авиационных частях, соединениях и объединениях.

В годы войны трижды модернизировалась самолетная радиостанция РСИ-3, в результате чего улучшалось качество приема и увеличилась дальность действия до 100 км. Дальность приема усовершенствованной радиостанции РСБ-бис в телефонном режиме возросла с 70 до 120 км. Так, в 1943 году была создана самолетная радиостанция РСИ-6. Являясь приемопередающей, телефонной, симплексной, она обеспечивала двустороннюю связь самолетов истребительной и штурмовой авиации на дальностях до 150 км. На базе радиостанции РАФ-КВ-3 была создана РАФ-КВ-4, обеспечивавшая лучшее качество радиообмена и большую дальность связи. В конце 1943 года в войска поступил подвижной радиоузел РУК-42, который состоял из передатчика, шести приемников первого класса, комплекта аппаратуры быстрого действия и диспетчерского пункта, размещенных на одном автомобиле ГАЗ-ААА [1].

Конструировались антенны, повышавшие качество приема и в меньшей степени подверженные воздействию помех. Было разработано специальное микрофонное выносное устройство для оборудования наземных командных пунктов.

Для обеспечения работы авиационных представителей и авианаводчиков в объединениях и соединениях Сухопутных войск использовались смонтированные на автомобилях или приспособленные для переноски радиостанции РАФ, снятые с самолетов РСБ, или поставляемые по ленд-лизу SCR-284 и SCR-399.

Осенью 1942 года в воздушных армиях были сформированы отдельные полки связи [1]. Кроме того, появились: радиосеть воздушной разведки; единая радиосеть истребительной и штурмовой авиации; радиосеть штаба воздушной армии; радиосеть вызова авиации. Всего в третий период Великой Отечественной войны было восемь радиосетей в масштабе ВА.

Новым в организации связи стало создание пунктов радиоперехвата радиопередач противника. Такие пункты имели радиоприемники – танковые (УКВ-Е) или трофейные (FUG-10), которые устанавливались на узлах связи

воздушных армий и авиакорпусов. Для повышения живучести и устойчивости системы связи основные элементы узлов связи рассредоточивались на местности, используя естественные складки местности и штатные маскировочные средства. Приемный центр, состоящий из четырех-пяти радиоприемников, располагался отдельно от передающего центра, имеющего пять-семь радиостанций [2].

Таким образом, успехи фронтовой авиации в сражениях во второй и третий периоды Великой Отечественной войны, улучшение взаимодействия между ее родами, а также между соединениями и частями сухопутных войск и авиации в немалой степени были обеспечены четким функционированием связи, которая совершенствовалась по пути лучшего использования новых и имеющихся средств связи, поиска наиболее эффективных форм и способов их применения.

Библиографический список

1. Совершенствование связи в частях, соединениях и объединениях фронтовой авиации в годы Великой Отечественной войны. – URL : <https://www.dissercat.com/content/sovershenstvovanie-svyazi-v-chastyakh-soedineniyakh-i-obedineniyakh-frontovoi-aviatsii-v-gody> (дата обращения: 28.02.2025).

2. Рощин, А. П. Связь и радиотехническое обеспечение боевых действий авиации в годы Великой Отечественной войны / А. П. Рощин. – URL : https://militera.lib.ru/h/vvs_1/11.html (дата обращения: 28.02.2025).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАДИОСТАНЦИЙ 6-ПК В НАЧАЛЕ ВОЙНЫ

В. М. Кузнецов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: tstu@admin.tstu.ru)

В начальный период Великой Отечественной войны радиостанции 6-ПК, несмотря на свои недостатки, сыграли важную, хоть и ограниченную роль в обеспечении связи. Наличие этих относительно мобильных средств коммуникации позволяло поддерживать связь между батальонами и полками, а также координировать действия артиллерии в условиях стремительно меняющейся обстановки. Однако ограниченная дальность действия, значительный вес и сложность обслуживания 6-ПК затрудняли их эффективное применение, особенно в динамичных боевых операциях. Нехватка радиостанций и опытных радиистов также сказывалась на их использовании. В дальнейшем, по мере развития военных действий и появления более современных средств связи, 6-ПК постепенно вытеснялись более совершенными моделями. Тем не менее, в первые месяцы войны они внесли свой вклад в обеспечение управления войсками в крайне сложных условиях.

Радиостанция 6-ПК, первая переносная радиостанция отечественного производства, была разработана в Горьком в Центрально-индустриальной

лаборатории и НИИС РККА (в настоящее время 16 ЦНИИС МО). Разработка началась в 1929 году, радиостанция принята на вооружение в 1931 году и модернизирована в 1938 году. Предназначенная для связи на уровне батальон-полк, а также в артиллерийских подразделениях, 6-ПК обеспечивала симплексную телефонно-телеграфную связь как в стационарных условиях, так и в движении. Обслуживалась двумя радистами.

Работая в диапазоне частот 3,75...5,25 МГц (57,5...80 м), радиостанция имела мощность передатчика 0,5 Вт. Дальность связи зависела от типа антенны и режима работы. С штыревой антенной днем дальность составляла 4...5 км телефоном и 8...10 км телеграфом, с лучевой антенной – 6...8 км телефоном и 12...15 км телеграфом. При использовании штыревой антенны из окопа дальность связи снижалась до 2...5 км, а в движении телефоном – до 3 км.

Радиостанция состояла из двух блоков: приемопередатчика (13 кг) и питания (12 кг). Блок приемопередатчика содержал сам приемопередатчик, аккумулятор накала и телеграфный ключ, а также крепления для антенн. Блок питания содержал две сухие анодные батареи, микрофон, наушники, ЗИП, инструменты и документацию. Комплекта батарей хватало на 25 – 30 часов работы по анодным цепям и 20 – 25 часов по цепям накала. В случае необходимости радиостанция могла работать и без отдельного блока питания, но с уменьшенной в 1,5–2 раза дальностью связи.

В комплект радиостанции входили два типа антенн: 30-метровая лучевая (диполь) и 1,7-метровая штыревая (в ранних версиях – 1,5 м). Для питания использовалась аккумуляторная батарея 4НКН-10 для накала ламп и две сухие батареи БАС-80 для анодных цепей. Это обеспечивало достаточную автономность работы в полевых условиях.

Несмотря на относительно небольшой радиус действия и значительный вес, 6-ПК сыграла важную роль в развитии советской военной связи. Она стала одним из первых шагов к обеспечению мобильной и оперативной коммуникации в войсках. Опыт, полученный при ее эксплуатации, был использован при разработке более совершенных моделей радиостанций.

Создание гражданской версии «Малая политотдельская» подтверждает универсальность конструкции 6-ПК. Адаптация для сельской связи позволила использовать технологические достижения в мирных целях, расширяя коммуникационные возможности в отдаленных районах. Этот пример демонстрирует стремление к максимально эффективному использованию имеющихся ресурсов.

Хотя 6-ПК по современным меркам может показаться громоздкой и ограниченной в возможностях, для своего времени она представляла собой значительный технологический прорыв. В условиях начала 1930-х годов, когда радиосвязь только начинала внедряться в армии, появление переносной радиостанции, способной обеспечить связь на тактическом уровне, было важным достижением, существенно повысившим эффективность управления войсками.

Библиографический список

1. Шапкина, В. И. Очерки истории радиотехники / В. И. Шапкина. – М. : Радиотехника, 1973.
2. Буров, И. И. Радиосвязь и ее роль в боевых действиях: опыт Великой Отечественной войны / И. И. Буров. – СПб. : Наука, 2012.

ВЫСОКОСКОРОСТНАЯ ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ТРЕКИНГА НА БАЗЕ ИК-СВЕТОДИОДОВ И ФОТОДИОДОВ

И. Д. Кирюшатов¹, Р. А. Приставка²

¹Многопрофильный колледж ФГБОУ ВО «ТГТУ», Тамбов, Россия
(e-mail: ilya.kiryushatov@yandex.ru);

²АНПО «Академическая школа ИТ», Пермь, Россия
(e-mail: romapristavka2005@gmail.com)

Система высокоскоростного оптического трекинга, разработанная авторами, основана на ИК-светодиодах и фотодиодах, обеспечивая определение положения объектов в трехмерном пространстве с угловой точностью до $0,1^\circ$. Применение частотной модуляции для кодирования идентификаторов нескольких ИК-излучателей позволяет одновременно отслеживать 12 и более агентов с частотой обновления 60 Гц.

В данной работе предлагается автономная система трекинга с пассивными базовыми станциями и активными ИК-метками для повышения точности, помехоустойчивости и удешевления реализации.

Рассмотрены основные методы трехмерного позиционирования:

1. DVM-SLAM и C-SLAM. Кооперативное одновременное локализирование и картографирование обеспечивает совместную работу нескольких агентов, но требует вычислительных модулей на каждом объекте и повышенной пропускной способности связи.

2. Активные базовые станции (Lighthouse). Система HTC Vive использует вращающиеся ИК-лазеры и фотодиоды с фильтрацией, что обеспечивает высокую точность, но увеличивает стоимость и габариты станций.

3. Ультразвуковое позиционирование. Основано на ToF-методе, дает точность около 3 см, но чувствительно к шуму и не подходит для работы в присутствии людей.

Система использует частотную модуляцию ИК-излучения, где каждый трекер оснащен четырьмя ИК-светодиодами, мигающими с уникальным частотным кодом. Фотодиоды на пассивной базовой станции фиксируют поступающие сигналы и определяют принадлежность каждого импульса конкретному трекеру. Вращающийся модуль станции (3600 об/мин) обеспечивает круговое сканирование с частотой обновления 60 Гц.

1. Сравнение подходов

Технология	Преимущества	Недостатки
Пассивные базовые станции + ИК-метки	Высокая точность, низкая стоимость	Ограниченная дальность, требуется вращающийся сканер
DVM-SLAM/C-SLAM	Масштабируемость, отказоустойчивость	Высокие вычислительные затраты, чувствительность к отражениям
Активные базовые станции (Lighthouse)	Очень высокая точность	Большие габариты, стоимость лазеров
Ультразвуковое позиционирование	Не зависит от освещенности	Шум, малая дальность, не подходит для работы с людьми

Основные компоненты:

- ИК-излучатели на каждом агенте формируют закодированные вспышки.
- Фотодиоды с ИК-фильтрами детектируют модулированный сигнал.
- Линзы Френеля концентрируют световой поток на фотодиоды.
- IMU (гироскоп + акселерометр) уточняет ориентацию и позицию при потере ИК-сигнала.
- Базовая станция со сканирующим модулем собирает данные и передает их на обработку.

Применения и перспективы:

- Виртуальная и дополненная реальность для позиционирования HMD и контроллеров.
- Автоматизированные склады и робототехника для координации многоплатформенных агентов.
- Медицинские системы для мониторинга движений оборудования и пациентов.
- Промышленный IoT для контроля положения элементов на производственной линии.

Дальнейшее развитие включает расширение диапазона модуляции, применение матричных фотодиодов и внедрение алгоритмов машинного обучения для повышения точности и устойчивости системы.

Библиографический список

1. Ефимова, Т. Н. Инфракрасные технологии в автоматизации / Т. Н. Ефимова, А. В. Кусакин // Датчики и системы. – 2022. – № 5. – С. 45 – 52.
2. Как работает Lighthouse: технологии VR-трекинга [Электронный ресурс]. – URL : <https://habr.com/ru/articles/558276/> (дата обращения: 20.04.2025).

3. Липницкий, Ю. М. Высокоточные системы оптического трекинга: принципы и применения / Ю. М. Липницкий. – М. : Техносфера, 2023. – 210 с.

4. Мультиагентные системы позиционирования / А. В. Петров и др. – СПб. : Политехника, 2021. – 184 с.

НАВИГАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПЕРИОД ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ И В СОВЕТСКОМ СОЮЗЕ В 1940-е ГОДЫ

А. Г. Ананьев, И. В. Чурилов, С. Р. Гузаревич, Д. А. Боганов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(email: ananbev.2004@mail.ru)

Во времена Великой Отечественной войны (1941 – 1945) навигация играла ключевую роль в обеспечении эффективных действий авиации, флота и сухопутных войск. В условиях отсутствия спутниковых систем применялись различные методы: радиотехнические, астрономические, гироскопические и визуальные.

Радионавигационные технологии

1. Радиомаяки и пеленгационные устройства:

- Радиус действия составлял от 100 до 500 км, с точностью до 1...5 км.
- Использовались в таких системах, как «Рым» – для наведения бомбардировщиков, «Ночь» – для полетов в ночное время. Также применялись при навигации подводных лодок и для корректировки огня артиллерии во время боев за Берлин.

2. Радиолокационные комплексы (например, «Редут», «Пегматит»):

- Обнаруживали цели на расстоянии до 150 км.
- Использовались для воздушной обороны Москвы и Ленинграда, а также при морской разведке.

Астрономические методы навигации

- Обеспечивали точность в пределах 5...20 км.
- Применялись в дальней авиации (в том числе при полете Ил-4 на Берлин), на морском флоте и в арктических конвоях.
- Основным недостатком была зависимость от погодных условий и необходимости маскировки света в городах.

Гироскопические и инерциальные приборы

1. Гирокомпасы:

- Работали независимо от магнитного поля Земли.
- Применялись на подлодках классов «Щука» и «Катюша», а также в бронетехнике.

2. Гиropolукомпасы и автопилоты:

- Устройства типа ГПК-48 (на Пе-8) и АП-42 (на Ил-2) обеспечивали точность в пределах 1...3% от пройденного расстояния.

Ориентирование по визуальным признакам и картам

1. Навигация по ландшафту:

– Ориентиры включали дороги, водоемы, здания, сигнальные огни и прожекторы.

– Такие методы активно применялись, например, штурмовиками Ил-2 и при танковых сражениях, включая Курскую битву.

2. Картографирование и аэрофотосъемка:

– Позволяли создавать детальные карты для планирования операций.

– Летчики использовали фотоснимки местности для точного прицеливания при бомбардировках.

Световые и акустические навигационные средства

1. Прожекторы и сигнальные огни:

– Освещали аэродромы на расстоянии до 10 км.

– Применялись в системах ПВО, например, прожекторные линии в окрестностях Москвы.

2. Звуковая навигация:

– Определение направления на вражеские самолеты осуществлялось по звуку двигателей.

– За это отвечали специальные группы «слухачей».

Развитие навигации после войны

– В послевоенные годы велась разработка систем РСБН и ОСП для авиации, автоматических навигационных решений для флота.

– С конца 1950-х годов началась эра инерциальной навигации и первых шагов в освоении космических методов ориентирования.

Библиографический список

1. Антонов, В. И. Навигационные технологии в военной авиации СССР: 1941 – 1945 гг. / В. И. Антонов. – М. : Военное издательство, 1988. – 234 с.

2. Рыжков, Д. С. Радиолокационные системы «Редут» и «Пегматит»: история разработки и применения / Д. С. Рыжков, Н. П. Козлов. – Л. : Наука, 1975. – 167 с.

3. Гироскопические приборы в военной технике // Архив военно-технических исследований. URL : <http://www.avti.ru/gyro> (дата обращения 20.10.2023).

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ТЕПЛОВИЗОРОВ

И. А. Попов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: popovigor99@gmail.com)

Инфракрасная термография, тепловое изображение или тепловое видео – это научный способ получения термограммы – изображения в инфракрасных лучах, показывающего картину распределения температурных полей. Термо-

графические камеры обнаруживают излучение в инфракрасном диапазоне электромагнитного спектра (примерно 0,9...14 мкм) и на основе этого излучения создают изображения, позволяющие определить перегретые или переохлажденные места.

Развитие термографии берет свое начало в 1840-х гг., когда британский ученый Джон Гершель в результате экспериментов с естественным солнечным светом, что сейчас является ИК-излучением, получил первое тепловое изображение. После данного открытия многие ученые внесли вклад в углубление знаний об ИК-излучении. К середине XX века интенсивная и успешная работа по военному использованию ИК-технологии способствовала созданию первых тепловизоров [1 – 3].

Первые практические шаги были сделаны немецкими специалистами. В предвоенные годы германская промышленность продемонстрировала успехи в разработке активных приборов ночного видения, обеспечивающих возможность визуализации объектов даже в условиях полной темноты. Немецкое предприятие AEG, выполняя заказы Министерства вооружения Третьего рейха, успешно реализовало проекты для оснащения бронетехники ночными приборами слежения, такими как прототип для тяжелого танка «Пантера».

Параллельно шли отечественные исследования. В Советском Союзе ГОИ совместно с Московским институтом стекла разработал систему «Шип», предназначенную для установки на легкий танк БТ-7. Позднее появился комплекс «Дудка», состоявший из специальных очков с инфракрасным визором, комплекта вспомогательного оборудования и осветительных устройств.

В 1941 – 1943 гг. советскими моряками был освоен опыт применения инфракрасных навигационных приборов на флоте. Сначала изделия поступали на Черное море, а позднее распространились и на другие театры военных действий. Корабельные устройства, такие как прибор «Омега-ВЭИ», помогли экипажам ориентироваться в темноте и существенно увеличили шансы обнаружения противника ночью.

К концу Великой Отечественной войны достижения советской науки воплотились в первом массовом образце индивидуального ночного прицела для стрелковых подразделений – Ц-3. Эта разработка позволила бойцам эффективно действовать в ночное время, повысив точность стрельбы в сложных условиях освещенности.

Сегодня тепловизоры используются не только в военном деле, но и в промышленности, экологии, диагностике заболеваний и иных сферах жизни человека. История этого метода наглядно показывает эволюционный путь от простого научного открытия до широкого практического применения технологий XXI века.

Библиографический список

1. Фролова, Т. А. Искусственная вентиляция легких. Вчера. Сегодня. Завтра [Электронный ресурс] / Т. А. Фролова, Д. А. Свириева // Пятая Всерос. молодеж. науч. конф., посвященная Дню радио и связи и 75-летию Победы

в Великой Отечественной войне : тез. докл. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2020. – С. 25 – 27.

2. Шнякина, Я. И. Система переливания крови в годы Великой Отечественной войны [Электронный ресурс] / Я. И. Шнякина, Т. А. Фролова // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : Пятая Всерос. молодеж. науч. конф., посвященная Дню радио и связи и 75-летию Победы в Великой Отечественной войне : тез. докл. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2020. – С. 34 – 36.

3. Фролов, С. В. Развитие медицинского оборудования в учреждениях здравоохранения г. Тамбова во время Великой Отечественной войны / С. В. Фролов // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : Пятая Всерос. молодеж. науч. конф., посвященная Дню радио и связи и 75-летию Победы в Великой Отечественной войне : тез. докл. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2020. – С. 32 – 34.

ПРОИЗВОДСТВО РАДИОАППАРАТУРЫ В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

А. А. Гончарова¹, Е. А. Зуева¹, А. В. Дорохова²

¹Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: Nastena.goncharova2006@mail.ru);

²МАОУ Лицей № 6, Тамбов, Россия
(e-mail: doroxova2007@bk.ru)

Мало кто знает, что победа Красной Армии в танковом сражении на Курской Дуге во многом стала возможной благодаря организации радиосвязисвязи. С началом войны многие радиовещательные станции из западных районов страны были эвакуированы в восточные. Еще в 30-е годы на базе Нижегородской радиолaborатории была создана Центральная военно-индустриальная радиолaborатория (ЦВИРЛ), которая занялась разработкой армейских радиостанций. В этой лаборатории были спроектированы: радиостанция для партизан и разведчиков 12-РП; танковые радиостанции 12-РТ; радиостанция «РСБ-3» для советских тяжелых бомбардировщиков.

Наибольшее распространение в пехотных войсках получила мобильная коротковолновая радиостанция 12-РП, предназначенная для обеспечения низовой связи пехотных подразделений, дальностью действия до 50 км. У нее был существенный недостаток – ее изготавливали из прочной стали, весила она немало – 13 кг. Для ее переноски требовались два бойца. Танковыми радиостанциями 12-РТ фронт снабжал горьковский завод имени Фрунзе, в годы войны – завод № 326. Всего за четыре года войны завод произвел для фронта около 60 000 радиостанций. По решению Наркомата Авиационной Промышленности ЦВИРЛ была преобразована в Горьковский Государственный Союзный завод № 326 имени М. В. Фрунзе. В годы Великой Отечественной войны завод внес большой вклад в обеспечение войск радиосвязью. На нем было организовано

48 фронтовых бригад, в которых трудилось более 500 человек. В послевоенные годы завод им. М. В. Фрунзе полностью перешел на производство контрольно-измерительных средств радиометрологии, которое на десятки лет определило его судьбу. Предприятие освоило выпуск таких сложных изделий, как генераторы высокой и сверхвысокой частоты, измерители модуляции, мощности, индуктивности, емкости.

Еще один завод, который внес значительный вклад в развитие радиосвязи и радиаппаратуры – завод им. Ленина (НИТЕЛ). Коллектив предприятия завода «НИТЕЛ» с честью прошел все суровые испытания во время ВОВ. 4 ноября 1941 г. предприятие подверглось бомбежке немецкой авиации. Погибло 94 человека, в том числе и директор завода, один из корпусов был полностью разрушен, но завод продолжал работать и наращивать выпуск продукции. В годы ВОВ предприятие выпускало свыше 70 различных изделий, значительную часть которых составляли радиостанции. На фронт было поставлено 50 422 комплекта радиостанций, 112 000 комплектов переговорных устройств для самолетов, танков и кораблей, 234 000 полевых телефонных аппаратов. Почти все самолеты советской авиации, все военные аэродромы, значительная часть сухопутных соединений, береговые дальней связи корабли и подводные лодки имели радиостанции завода им. Ленина. С 1929 г. на предприятии организуется выпуск военных телефонов типа УНА и производство радиостанций, которое продолжается и в годы войны. Причем завод является не только производителем, через несколько лет он начинает самостоятельно разрабатывать радиостанции. Всего на предприятии было разработано 17 типов радиостанций, среди которых РСБ «Двина», РСВ-С «Луч», РАФ «Волга» и целый ряд других, которые стали родоначальницами большого семейства наземных радиостанций, активно применявшихся в годы ВОВ.

С 1935 г. завод осваивает выпуск самолетных и танковых переговорных устройств СПУ и ТПУ. Радиостанция РАФ была разработана большой группой конструкторов под руководством П. А. Пашева. Работы по ее освоению начались на заводе в 1936 году. Она предназначалась для замены радиостанции 11-АК. Радиостанция РСБ выпускалась с 1940 г. и могла монтироваться в автомобилях «ГАЗ-ААА», «ГАЗ-АА», «Виллис», в тачанках, аэросанях или в возимых ящиках. За массовый качественный выпуск продукции в годы ВОВ 21 января 1944 завод был награжден орденом Ленина.

Важно помнить и не забывать какой ценой досталась Победа в Великой Отечественной Войне, какой героический подвиг совершили советские люди. 4 мая 1945 года постановлением Совнаркома СССР было решено установить 7 мая ежегодным Днем радио, внесшим неоспоримую победу над фашисткой Германией.

Библиографический список

1. Желнов Д. А. Радио в годы Великой Отечественной войны / Д. А. Желнов. – 2020. – 10 с. – URL : <https://docviewer.yandex.ru/view/1472639774/>

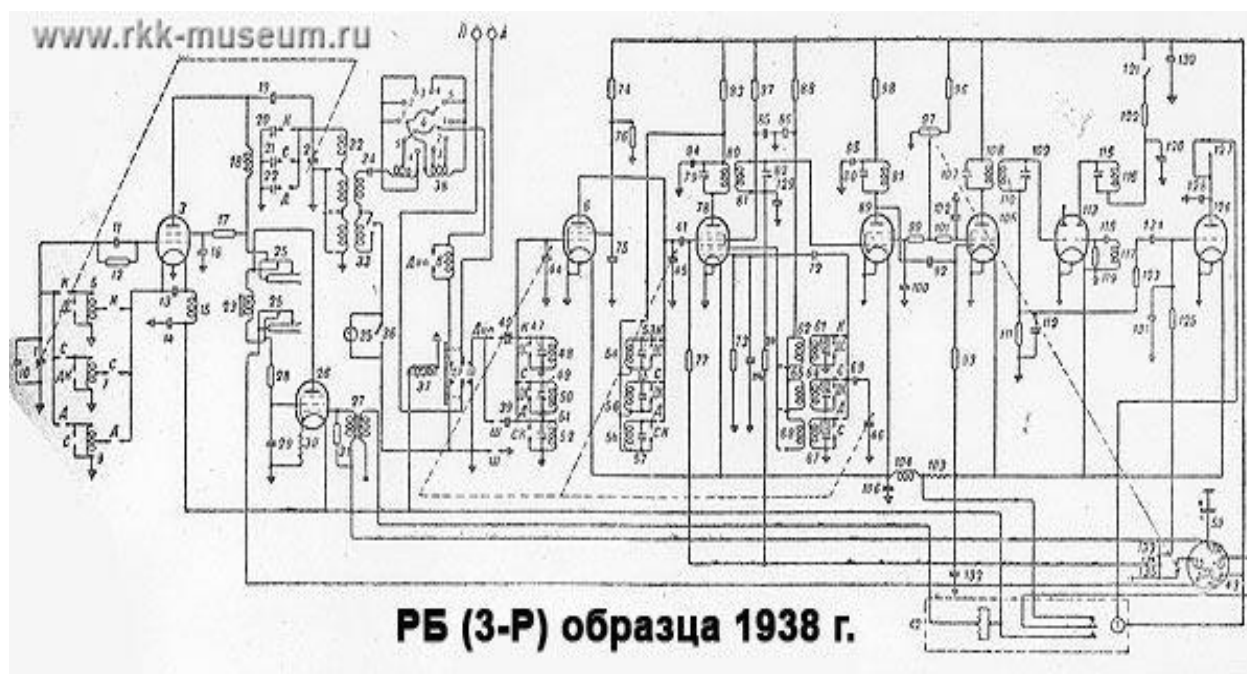
СРЕДСТВА СВЯЗИ СУХОПУТНЫХ ВОЙСК КРАСНОЙ АРМИИ В ПЕРИОД ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

И. Е. Черняев, В. Г. Иванчихин

Тамбовский Приборостроительный колледж, Тамбов, Россия
(e-mail: psk68@obraz.tambov.gov.ru)

Великая Отечественная война резко повысила значение радиовооружения в армии. Радиосвязь была неотъемлемой частью военной связи и во многом определяла боеспособность армии и результаты проведения войсковых операций. Во время войны крупнейшие отечественные радиозаводы и научно-исследовательские институты сумели усовершенствовать и модернизировать радиостанции, находящиеся на вооружении войск, и создать новые, более эффективные средства связи. Рассмотрим некоторые из них.

Радиостанция РБ (З-Р) – переносная приемно-передающая полудуплексная КВ-радиостанция для связи в полковых сетях пехоты и артиллерии. Именно она размещалась на КП батальонов и полков, принимала донесения о прорывах и контратаках, позволяя координировать действия на площади в несколько десятков квадратных километров. Питание обеспечивалось от сухих батарей БАС-60 (четыре штуки) и аккумулятора 2НКН-22, которые размещались в отдельном батарейном ящике. Начало ее выпуска – 1938 г. Диапазон частот – 1,5...6 МГц, разбит на два. Выходная мощность передатчика – 1 Вт (РБМ-1) или 5 Вт (РБМ-5).



Радиостанция 71-ТК-3.

Образец 1939 года. Устанавливалась на танках БТ-5, БТ-7, Т-40, Т-60, Т-34 ранних выпусков, КВ-1, КВ-2, бронеавтомобилях БА-11. Отличалась улучшенной элементной базой (в частности, применены опрессованные пластмассой слюдяные конденсаторы вместо открытых).

Диапазон частот: 4,0...5,625 МГц Дальность связи: от 15 до 50 км.

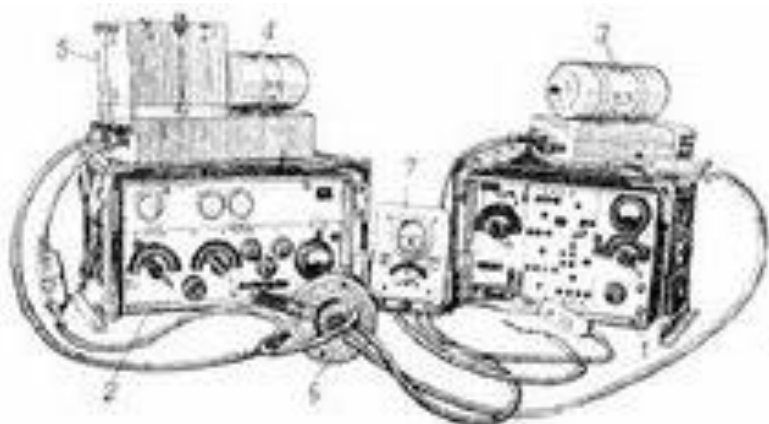
Приемник – семиламповый супергетеродин с одним преобразованием частоты.

Промежуточная частота – около 150 кГц.

Чувствительность приемника – не хуже 15 мкВ.

Передачик двухкаскадный, может работать с плавной перестройкой частоты и на фиксированных частотах с кварцевой стабилизацией.

Мощность передатчика в антенне в телеграфном режиме – 3...5 Вт.



Оснащение армии к концу войны отличалось сложностью и многообразием, от ставки верховного главнокомандования до стрелкового батальона – все армии, корпуса, дивизии, полки, все роды войск были обеспечены радиосвязью. Радиосвязь сыграла важную роль в управлении войсками и их взаимодействии, особенно во время боев в тылу противника, в авиации, бронетанковых войсках и Военно-морском флоте.

Библиографический список

1. Краткий справочник по военным радиостанциям. – Ленинград : Военная электротехническая академия связи им. С. М. Буденного, 1941.
2. Кукк, К. И. Техника связи Великой Отечественной войны / К. И. Кукк. – URL : <https://djvu.online/file/mkCzaZ0Dn7oNF>

РАЗВИТИЕ СТАНЦИЙ РАДИОПОМЕХ В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

А. Д. Евтеев, Ю. С. Синицына

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: tstu@admin.tstu.ru)

Радиоэлектронная борьба (РЭБ) имеет свои корни с момента появления радио. Первая успешная попытка применения радиостанций для осуществления РЭБ зафиксирована 15 апреля 1904 года, во время Русско-японской войны, однако ее формы и методы получили широкое применение лишь в ходе Великой Отечественной войны. В это время в нашей стране были созданы первые

радиодивизионы специального назначения, которые имели важнейшую роль в крупных сражениях, вплоть до Берлина.

В преддверии войны в Советском Союзе активно разрабатывались опытные образцы станций радиопомех: «Шторм» – в ультракоротковолновом, «Шторм-2» – в средневолновом и «Гром» – в коротковолновом диапазонах. Несмотря на их высокую эффективность, эти устройства не успели выйти в массовое производство.

Первым научно-исследовательским учреждением, занявшимся разработкой техники РЭБ, стал НИИ-108 Министерства радиопромышленности, который позже был переименован в Центральный научно-исследовательский радиотехнический институт имени академика Берга (ЦНИРТИ). Сегодня его филиалом является Калужский научно-исследовательский радиотехнический институт, входящий в состав Концерна «Радиоэлектронные технологии» (КРЭТ).

К началу Великой Отечественной войны наша армия располагала всего лишь парой десятков станций радиопомех «Шторм» и «Гром». Тем не менее, первая успешная попытка создания радиопомех была осуществлена уже в начале сентября 1941 года под городом Ельня, где успешно использовалась станция «Гром», эффективно нарушившая радиосвязь противника.

Станции «Гром» и «Шторм» также использовались в сражении под Сталинградом осенью 1942 года. Убедившись в успешности применения радиопомех, командование приняло решение о создании радиослужбы специального назначения. В декабре 1942 года нарком внутренних дел Берия направил в Госкомитет обороны докладную записку, в которой поднимался вопрос о целесообразности организации специальной службы по подавлению немецких радиостанций на поле боя.

Таким образом, были сформированы радиодивизионы «Спецназ». Именно благодаря их действиям удалось заблокировать основные радиостанции ключевых группировок противника, включая организацию радиоблокады во время окружения армии Паулюса в Сталинграде.

В некоторых дивизионах также применялась станция «Пчела», размещавшаяся на железнодорожной платформе и предназначенная для противодействия радиокompасам самолетов противника.

Станции радиопомех вели круглосуточное наблюдение за радиосетями противника, что позволяло:

- Выявлять основные и запасные частоты
- Определять войсковую принадлежность
- Устанавливать местоположение
- Анализировать режимы работы

Особенно эффективно станции радиопомех проявили себя в Сталинградской битве, где с их помощью была создана радиоблокада окруженной группировки Паулюса. В ходе операции «Багратион» летом 1944 года с помощью радиопомех удалось сорвать 1665 простых и 522 срочные радиопередачи противника.

Некоторые радиодивизионы для создания радиопомех использовали трофейные радиостанции, что позволяло более правдоподобно передавать дезинформацию противнику. Это значительно повышало эффективность проводимых радиоэлектронных операций.

Библиографический список

1. Бурлянд, В. А. Советская радиотехника и электросвязь в датах / В. А. Бурлянд, В. Е. Володарская, А. В. Яроцкий. – М. : Связь, 1975. – 192 с.
2. Палий, А. И. Радиоэлектронная борьба / А. И. Палий. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Воениздат, 1989. – 350 с.

РАДИОРЕЛЕЙНАЯ СВЯЗЬ В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

Л. К. Ремезов

Тамбовский техникум железнодорожного транспорта –
филиал ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет
путей сообщения», Тамбов, Россия
(e-mail: remezovleonid9@gmail.com)

В начале XX века, когда армии приобрели большую подвижность, их действия стали охватывать обширные территории, а тактика и методы ведения боевых действий значительно усложнились, возникла острая потребность в новом типе связи. Необходимо было объединить преимущества радиосвязи с возможностями проводных систем: многоканальность и высокую скорость передачи данных. В итоге для военных нужд (а также для гражданских целей) была разработана радиорелейная связь (РРС).

Радиорелейные системы являются неотъемлемой частью современных комплексов управления войсками, вооружением и обеспечивают их бесперебойную работу.

В целом, радиорелейные сети играют ключевую роль в военной и гражданской инфраструктуре связи России.

Однако, к моменту начала Великой Отечественной войны Красная армия не располагала оборудованием РРС, что негативно повлияло на эффективность военных систем управления и связи, а также на работу телекоммуникационной системы страны в целом.

В период военных действий начальником Главного управления связи Красной армии, занимавшим также должность заместителя народного комиссара обороны и будущего маршала войск связи И.Т. Пересыпкина, была инициирована систематическая работа по анализу тактико-технических особенностей средств управления и связи, изъятых у врага. Захваченное оборудование, в том числе радиорелейные системы, подвергалось детальному исследованию как самими специалистами по связи непосредственно на передовой, так и в военных научно-исследовательских институтах и на производственных предприятиях Наркомата связи СССР.

К концу 1942 года специалисты-связисты Западного фронта, включая В. П. Ягодина и А. М. Смышляева, разработали первую ультракоротковолновую (УКВ) радиолинию под названием «Комета». Она была создана на основе модернизированного американского оборудования радиосвязи, полученного по ленд-лизу, в том числе радиостанций SCR-610. «Комета» предназначалась для организации дуплексной телеграфной связи по радио. В дальнейшем, после доработок, эта радиолиния использовалась для усиления проводных каналов и при переходе через крупные водные объекты. В частности, в сентябре–октябре 1943 года во время форсирования Днепра радиорелейная связь впервые была успешно внедрена в подразделения Красной Армии.

Существовала и другая радиорелейная система под названием «Сигнал», которая также использовалась на передовой, хотя и в небольшом объеме. Информация об этой системе крайне скудна, что указывает на необходимость дополнительных исторических изысканий, поиска и изучения документальных материалов.

В целом, даже незначительный опыт использования первых радиорелейных линий продемонстрировал их значимость и необходимость в условиях боевых действий. Последующие годы были посвящены интенсивной теоретической и практической работе по улучшению радиорелейной связи «Комета» и «Сигнал» в военных учебных заведениях и научно-исследовательских институтах связи. Тем не менее, к завершению войны полноценные серийные образцы РРС так и не были созданы.

Сразу же после окончания войны в ведущих военных вузах и НИИ связи были развернуты активные работы в области дальнейшего развития технологий военной РРС. Так, уже осенью 1945 года в Научно-испытательном институте связи Красной армии имени К. Е. Ворошилова (ныне – 16-й Центральный научно-исследовательский испытательный ордена Красной Звезды институт имени маршала войск связи А. И. Белова Министерства обороны Российской Федерации, далее – НИИИ военной связи) была развернута опытная радиорелейная линия на базе трофейных станций «Михаэль».

В 1946 году советское правительство издало распоряжение, касающееся создания первой в стране многоканальной радиорелейной станции для военных целей, способной перемещаться.

Библиографический список

1. Белов, А. И. Воспоминания маршала связи / А. И. Белов. – М. : Издания Максимова, 2000. – С. 29.
2. Кукк, К. И. Из истории становления отечественной военной радиорелейной и тропосферной связи / К. И. Кукк // Электросвязь: история и современность. – 2008. – № 1. – С. 13 – 17.

РЭБ НА ФРОНТАХ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

Е. Я. Солодовников

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(eugene.solod2004@yandex.ru)

Опытный образец станции помех «Гром» применялся с 6 по 12 сентября 1941 г. при нанесении нашими войсками контрудара под Ельней. В первый год войны широко и активно осуществлялось противодействие радиосвязи противника путем создания помех с помощью штатных радиостанций.

В ходе окружения 6-й полевой армии Паулюса с целью ее радиоблокады в составе Донского фронта формируется специальная группа радиоразведки и радиоподавления. Она имела несколько мощных радиостанций, которые наводились на радиосети врага. Для дезинформации штаба 6-й армии была выделена радиостанция с позывными войск Манштейна.

После детального анализа и обобщения результатов первого опыта создания радиопомех, НКВД СССР посчитало целесообразным организовать в Красной Армии специальную службу по забивке немецких радиостанций, действующих на поле боя.

Для осуществления указанных мероприятий было необходимо в составе Управления Войсковой Разведки Генерального Штаба Красной Армии сформировать три специальных радиодивизиона со средствами мешающего действия.

Каждый радиодивизион имел от 8 до 10 автомобильных радиостанций типа РАФ-КВ, предназначенных для постановки радиопомех, 18 – 20 разведприемников типа «Виразж» и «Чайка», четыре радиопеленгатора типа 55 ПК-3А и «Штопор».

Станции радиопомех располагались обычно в 20...30 км от переднего края и в 3...5 км от радиоприемного центра дивизиона. За основными радиосетями противника велось круглосуточное наблюдение. В 131-м ОРДН спецназначения, кроме того, имелась мощная станция радиопомех «Пчела», которая размещалась на железнодорожной платформе и предназначалась для противодействия самолетным радиокомпасам противника.

Отдельные радиодивизионы спецназначения принимали участие во всех фронтовых и армейских операциях 1943 – 1945 гг., создавая помехи, проводя радиоразведку, а также радиодезинформацию. Например, в ходе Белорусской операции летом 1944 г. 131-й отдельный радиодивизион при подавлении радиосвязи сорвал 522 срочных и 1665 простых радиопередач.

Весьма успешно радиопомехами нарушалось управление немецкими соединениями и объединениями в январе – апреле 1945 г. во время Восточно-Прусской операции, в которой активное участие принимали 131-й и 226-й радиодивизионы спецназначения.

При штурме советскими войсками крепости Кенигсберг главная радиостанция окруженного гарнизона пыталась в течение суток последовательно вести передачи на 43 частотах, но все они забивались.

В Берлинской операции радиоэлектронная борьба достигла совершенства. Она включала радиоразведку, радиоподавление, дезинформацию, поражение радиосредств пунктов управления противника.

В ходе Великой Отечественной войны Советскими ВС был также приобретен богатый опыт оперативной и войсковой радиомаскировки и даже при создании крупнейших группировок войск с целью обеспечения внезапности проведения операций.

Так, при подготовке к проведению Мемельской операции в целях дезинформации противника на расстоянии более 100 км от истинного операционного направления имитировалась концентрация восьми-девяти стрелковых дивизий. В эти же районы было направлено свыше 200 радиостанций с целью имитации тактического радиообмена частей и соединений, якобы переброшенных сюда с других участков фронта. В то же время в районах истинного сосредоточения войск до последнего часа соблюдалось относительное радиомолчание: все передатчики вновь прибывающих частей опечатывались, передача велась в прежнем режиме только теми радиостанциями, которые находились в этих районах до создания ударной группировки.

Необходимо также упомянуть о специальных приборах СОЛ-3 и СОЛ-3А, которые поступали в войска с 1942 г. С их помощью определялось попадание нашего самолета в зону облучения РЛС противника.

Примерно с середины 1943 г. советская авиация препятствовала работе РЛС рассеиваемыми с самолетов-постановщиков помех бумажными металлизированными лентами.

Библиографический список

1. Пудовкин, А. П. Электромагнитная совместимость и помехозащищенность РЭС [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк, Т. И. Чернышова. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 92 с.

РЭБ ВО ВРЕМЯ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

С. Д. Тихонов

Многопрофильный колледж ФГБОУ ВО «ТГТУ», Тамбов, Россия
(e-mail: tihonov-762@mail.ru)

В ходе Великой Отечественной войны, главным образом, во втором ее периоде, начиная со Сталинградской битвы, радиоэлектронная борьба велась сухопутными войсками и военно-воздушными силами, главным образом, путем выявления средствами радиоразведки и нарушения помехами радиосвязи, создания пассивных помех РЛС ПВО, а также скрытия РЭС от радиоразведки и защиты их от радиоэлектронного подавления противником.

На основе опыта первых месяцев войны были разработаны Руководства и Наставления по организации связи, рекомендовавшие с целью радиомаскировки

соблюдать меры скрытности и ограничивать применение радиосредств, особенно до начала операций. Эти меры повысили эффективность противодействия радиоразведке противника.

Нарушение радиосвязи противника путем создания радиопомех впервые было эффективно осуществлено в период с 6 по 12 сентября 1941 года на Смоленском направлении при нанесении нашими войсками контрудара. Для этой цели по распоряжению Главного управления связи РККА был использован опытный образец станции помех «Гром». К сожалению, это единственный пример использования разработанных в предвоенные годы опытных образцов станций радиопомех. Радиопомехи, создаваемые советскими войсками в ходе боевых действий, нарушали радиосвязь пунктов управления групп армий, полевых армий, армейских корпусов противника, а также их взаимодействие с авиацией.

С целью срыва использования самолетных радиопеленгаторов для пилотирования немецкой авиации по приводным радиостанциям в ряде случаев применялись ретрансляционные радиопомехи, вводящие противника в заблуждение о месте нахождения действительной приводной радиостанции, что приводило к потере ориентировки экипажей немецких самолетов и к срыву выхода их в заданный район. Например, осенью 1942 г. такие радиопомехи создавались под Москвой. Радиоприемный центр в Купавне принимал передачи приводной немецкой радиостанции, а две наши станции помех (одна в районе Тулы, а другая в районе Клина) эти передачи ретранслировали. Это приводило к тому, что немецкие самолеты уходили с заданного курса.

Ниже продемонстрировано устройство РЭБ и его характеристики.

Назначение: железнодорожная станция радиопомех.

Диапазон:

- радиочастоты, кГц: 320...1500;
- радиоволны, м: 200...800.

Мощность: 10 кВт.

Режим работы: шумовые радиопомехи.

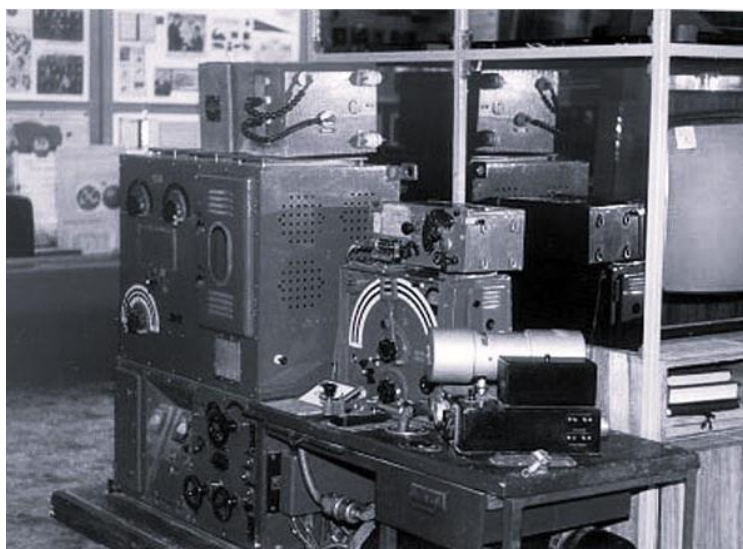


Рис. 1. Модель: «Пчела»

Библиографический список

1. Смирнов, В. В. Комплексное применение средств радиоэлектронной борьбы : учебное пособие для вузов / В. В. Смирнов, В. А. Рогожин, Н. В. Сотникова. – СПб. : Изд-во Балтийский государственный технический университет «Военмех» имени Д. Ф. Устинова, 2009. – 90 с. – URL : <https://e.lanbook.com/book/122103>
2. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств : учебное пособие / В. В. Смирнов, С. Ю. Страхов, Н. В. Сотникова, А. Г. Давидчук. – СПб. : Изд-во Балтийский государственный технический университет «Военмех» имени Д. Ф. Устинова, 2018. – 116 с. – URL : <https://e.lanbook.com/book/122103>

ВКЛАД СОТРУДНИКОВ КАФЕДРЫ (УПРАВЛЕНИЯ ВОИНСКИМИ ЧАСТЯМИ СВЯЗИ И РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВИАЦИИ) В ПОБЕДУ В ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЕ

П. А. Федюнин, В. А. Безрядин

Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени проф. Н. Е. Жуковского
и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия
(e-mail: bezryadin_vlad@mail.ru)

Великая Отечественная война потребовала личного участия сотрудников кафедры в действующей армии для определения направлений и оценки уровня подготовки офицеров-слушателей в области связи и радионавигации [1]. Основной формой работы кафедры (управления воинскими частями связи и радиотехнического обеспечения авиации) в годы Великой Отечественной войны стали стажировки педагогического состава в действующей армии, где на практике, в реальных условиях боевых действий, отрабатывались и совершенствовались учебные и методические разработки по подготовке специалистов в области связи и радионавигации [2 – 4]. Преподаватели кафедры активно участвовали в боевых операциях, стажирясь в должностях начальников связи авиационных объединений и соединений. В 1942 – 1944 гг. весь личный состав кафедры прошел такую стажировку. Во время стажировки не только изучался опыт организации связи и радионавигации в боевых частях, но и проводилась работа по оказанию помощи частям в освоении новых средств радиосвязи и радиолокации. Именно в годы войны сотрудники кафедры впервые разработали и усовершенствовали отдельные средства радиосвязи и радионавигации: первую отечественную радиорелейную станцию «Сигнал»; радиотелеграфную приставку для радиостанций РСТ-1; радиополукомпас РПК-2 и др. [4].

Другим взаимосвязанным направлением методической работы на кафедре являлась разработка научно-методических документов по связи и радионавигации, востребованных на фронте и созданных на основе полученного боевого опыта сотрудниками кафедры, такие как «Памятка летчика-истребителя (по

связи)», «Памятка стрелка-радиста», учебно-методическое пособие по средствам авиационной связи и радионавигации. Всего кафедрой в предвоенный и военный период 1940 – 1945 гг. было издано 18 учебно-методических пособий, написано 20 заданий и методических разработок для строевых частей [2 – 4].

Таким образом, сотрудники кафедры активно участвовали в боевых операциях в ходе Великой Отечественной войны, обеспечивая устойчивую связь в должностях начальников войск связи и радиосвязи Воздушных армий. Именно в эти годы сотрудники кафедры впервые разработали и усовершенствовали отдельные средства радиосвязи и радионавигации (первая отечественная радиорелейная станция, радиотелеграфная приставка и т.д.). Ряд преподавателей проходил стажировку в действующей армии, отрабатывая на практике научные и методические разработки подготовки специалистов в области связи и радионавигации. Несмотря на эвакуацию вглубь страны, кафедра продолжала готовить специалистов и выпускать документы по связи и радионавигации, востребованные на фронте, а также успешно повышать научный потенциал научно-педагогического состава кафедры, подготавливая кандидатов наук по профильным направлениям.

Библиографический список

1. Пересыпкин, И. Т. Военная радиосвязь / И. Т. Пересыпкин. – М. : Воениздат, 1962. – 300 с.
2. Военно-воздушная академия имени Ю. А. Гагарина / под ред. Маршала авиации Н. М. Скоморохова. – М. : Воениздат, 1984. – 238 с.
3. 75 лет кафедре управления воинскими частями связи и радиотехнического обеспечения авиации (1940 – 2015). – Воронеж : Типография ВУНЦ ВВС «ВВА», 2015. – 102 с.
4. Кафедра управления воинскими частями связи и радиотехнического обеспечения авиации. Даты, события, люди / П.А. Федюнин и др. – Воронеж : Научная книга, 2020. – 200 с.

ФРОНТОВЫЕ ПОДВИГИ СОТРУДНИКОВ КАФЕДРЫ (УПРАВЛЕНИЯ ВОИНСКИМИ ЧАСТЯМИ СВЯЗИ И РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВИАЦИИ) В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

П. А. Федюнин, В. А. Безрядин

Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия имени проф. Н. Е. Жуковского
и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия
(e-mail: bezryadin_vlad@mail.ru)

Начало войны резко изменило весь ход учебного процесса в Военной академии командного и штурманского состава ВВС Красной Армии (будущая Военно-воздушная академия имени Ю. А. Гагарина). На фронт отправлялись

слушатели третьего курса штурманского факультета. Они были выпущены без экзамена и 12 июля 1941 г. большинство из них выехало на фронт. В академии остались лишь слушатели первого и второго курсов штурманского факультета. Значительно увеличивался набор слушателей на первый курс обучения, сокращались сроки обучения от трех лет до одного года [1].

Из преподавателей кафедры (управления воинскими частями связи и радиотехнического обеспечения авиации) связи убыли на фронт подполковник Д. Н. Морозов, будущий начальник кафедры (1944 – 1958 гг.), военинженер третьего ранга И. М. Малев. В июле 1942 г. в соединениях и частях Дальней авиации проходил стажировку первый начальник инженер-полковник Т. М. Артеменко [1, 2].

Ярким свидетельством подвигов являются наградные листы сотрудников нашей кафедры, участвовавших в Великой Отечественной войне: инженер-полковника Т. М. Артеменко – первого начальника кафедры (1940 – 1944); генерал-майора Д. Н. Морозова – старшего преподавателя кафедры (1940 – 1941), начальника кафедры (1944 – 1958); подполковника И. М. Малева – преподавателя кафедры (1940 – 1941); подполковника С. Ф. Мартыанова – адъюнкта, а затем преподавателя кафедры (1943 – 1950-е годы) [1 – 3].

Так, в воспоминаниях о Исааке Михайловиче Малеве раскрывается его вклад в развитие радиостанций с буквопечатающими приставками: «...Буров поинтересовался, как у нас обстоят дела с применением радиостанций с буквопечатающими приставками. Прибыл в армию и ее конструктор инженер-майор И. М. Малев с группой военных инженеров. Аппаратура, сопряженная с СТ-35, называлась РСТ-1... На исходном положении очень устойчиво работала проводная связь. При перемещении же авиационных представителей вперед основную нагрузку по обмену командной информацией принимали на себя радиосвязь буквопечатанием при помощи РСТ-1 и радиотелефонные сети командования. Достаточно сказать, что обмен сообщениями по РСТ-1 с 16 октября по 1 ноября 1944 г. составил 1000 радиограмм, содержащих 73 500 слов, и 12 часов прямых переговоров. В этот период мы не раз вспоминали добрым словом разработчика РСТ-1 инженер-майора И. М. Малева. Радиобуквопечатание успешно заменяло проводную телеграфную связь» [3].

Родина высоко оценила работу связистов. Звания Героя Советского Союза были удостоены 30 авиационных связистов, 15 воздушных стрелков-радистов стали полными кавалерами ордена Славы. Многие авиационные части связи удостоены звания гвардейских. Тысячи авиационных связистов награждены орденами.

Библиографический список

1. Военно-воздушная академия имени Ю. А. Гагарина / под ред. Маршала авиации Н. М. Скоморохова. – М. : Воениздат, 1984. – 238 с.
2. 75 лет кафедре управления воинскими частями связи и радиотехнического обеспечения авиации (1940 – 2015). – Воронеж : Типография ВУНЦ ВВС «ВВА», 2015. – 102 с.

3. Кафедра управления воинскими частями связи и радиотехнического обеспечения авиации. Даты, события, люди / П. А. Федюнин и др. – Воронеж : Научная книга, 2020. – 200 с.

ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ РАДИОТЕХНИКИ

М. А. Черкасов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: maksimcerkasov20460@gmail.com)

Работы М. Фарадея (1837 – 1846) об электрическом и магнитном полях позволили создать теорию электромагнитных волн:

1. Всякое изменение электрического поля порождает магнитное поле в различных средах.

2. Всякое изменение магнитного поля порождает электрическое поле в различных средах.

Фарадей М. утверждал, что электромагнитные волны распространяются в виде волн с конечной скоростью.

Максвелл (1864) с помощью уравнений в дифференциальной и интегральной форме описал электромагнитное поле.

Герц Г. (1886 – 1889) впервые получил с помощью вибратора, возбуждаемого искровым разрядом, электромагнитные волны в радиодиапазоне с длиной волны порядка 10 см. Герц использовал второй вибратор для регистрации электромагнитных волн. Герц показал, что электромагнитные волны обладают свойствами отражения, преломления, интерференции и поляризации. Необходимо отметить, что Г. Герц не предвидел применение электромагнитных волн для передачи и приема информации.

Дальнейшим шагом возникновения радиотехники стала важная формула (1853) У. Томсона (Кельвина) для определения резонансной частоты колебательного контура, что позволило генерировать электромагнитные колебания на различных частотах.

Бранли Э. (Франция) в 1890 г. проводил опыты с металлическим порошком. Было установлено, что если облучать металлический порошок электромагнитным полем, то сопротивление порошка уменьшается, если после воздействия встряхнуть порошок, то сопротивление порошка становится высоким. Эти явления в 1894 г. О. Лодж (Великобритания) использовал для регистрации электромагнитных волн, продолжая изучать опыты Герца. Стеклообразную трубку, заполненную металлическими опилками с электродами на концах, О. Лодж назвал когерером.

На опытах Герц показал, что использование электромагнитных волн позволяет передавать и принимать сигналы на небольшом расстоянии. Это явилось важным экспериментом для науки.

Опыты Герца заинтересовали многих ученых мира. В России проводил опыты по изучению электромагнитных волн преподаватель высшего учебного

заведения в Кронштадте А. С. Попов. Попов создал в апреле 1895 г. первый в мире радиоприемник, а в июне 1895 года добавил к своему радиоприемнику антенну для повышения чувствительности приемника. 24 марта 1896 г. были переданы передатчиком Попова первые слова «Генрих Герц» и приняты усовершенствованным радиоприемником с помощью азбуки Морзе.

В середине февраля 1896 г. Г. Маркони продемонстрировал беспроводную связь, причем его радиопередатчик и радиоприемник в основных характеристиках совпадал с аппаратурой, которую разработал А. С. Попов.

Можно сказать, что и Попов, и Маркони изобрели радиопередачу независимо друг от друга, опираясь на эксперименты Герца.

В 1903 году Флеминг изобрел ламповый диод, а в 1907 г. Ли де Форест сконструировал триодную лампу для усиления слабых электрических сигналов. В 1913 году Мейснер сконструировал первый автогенератор с незатухающими электрическими колебаниями.

В результате этих открытий в период 1920 – 1925 гг. началось производство различных видов ламповых радиоприемников и строительство ряда радиопередатчиков.

В конце Второй мировой войны в связи с улучшением качества радиолокаторов был сконструирован первый точечный диод. Таким образом, полупроводники вошли в радиотехнику, а поворотным моментом стало открытие в 1948 г. транзистора (изобретатели: Бардин, Братейн и Шокли), что послужило началом полупроводниковой электроники.

В результате с 1955 г. началось широкое применение транзисторов в радиоэлектронной аппаратуре и в радиоизмерительной аппаратуре.

Библиографический список

1. Панасюк, Ю. Н. Радиотехника: введение в специальность [Электронный ресурс, мультимедиа] : учебное пособие / Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин, Р. Р. Шатовкин. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2022. – 131 с.

КАК ШИФРОВАЛАСЬ СВЯЗЬ: ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТЫ В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

А. В. Чопов, В. А. Танайлов, М. В. Лобачев, Д. А. Гладилина

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: crybaby9718@gmail.com)

В годы Великой Отечественной войны в Красной Армии развивалась централизованная шифровальная служба, привлекавшая талантливых специалистов и современное оборудование. Еще в 1930–1940-е годы были созданы специализированные подразделения при Штабе РККА, ответственные за криптографию и секретность связи. Так, к 1939 году лаборатория 8-го отдела Генерального штаба РККА стала мощным конструкторским бюро, которым руково-

дил капитан И. П. Волосок, а с 1938 г. начальником 8-го отдела был П. Н. Белюсов – выдающийся организатор военной криптографии. Под их руководством работали ведущие конструкторы – П. А. Судаков, В. Н. Рытов и др.

Именно эти инженеры создали первые советские электромеханические шифровальные машины. В ходе вооруженных конфликтов конца 1930-х (гражданская война в Испании, Халхин-Гол, советско-финская война) опыт скрытого командования войсками с применением шифрмашин показал необходимость обособленной, тщательно законспирированной работы шифровальных органов с высокой мобильностью. Для этого уже в 1939 г. Красная Армия закупила и переоборудовала 100 автобусов «Студебеккер» в подвижные шифровальные пункты, что позволило шифровать и расшифровывать телеграммы «на ходу». К июню 1941 года штат советской шифровальной службы насчитывал около 1857 человек.

На оперативно-стратегическом уровне Красная Армия использовала мощные ротаторные и полиграфовые шифровальные машины. Уже к началу войны на вооружении имелось около 96 комплектов электромеханических шифрмашин М-100 «Спектр» и 150 комплектов дисковых шифраторов К-37 «Кристалл». Машина М-100 прошла боевое крещение в Испании (1938), на Халхин-Голе (1939) и в советско-финляндской войне (1939–40). Комплект М-100 весил более 140 кг, но позволял в 5–6 раз ускорить обработку шифртелеграмм по сравнению с ручными способами, сохраняя при этом высокую криптостойкость. Шифры этих машин никогда не были взломаны противником.

К 1941 году в войсках использовались 150 комплектов К-37, что вместе с М-100 обеспечивало быструю и надежную шифросвязь. В 1942–1943 гг. машину «В-4» сменила более компактная и стойкая М-101 «Изумруд». Обе использовали метод шифрования на основе одноразовых случайных гамм – «одиночная замена с использованием гаммирования».

Одним из ключевых методов защиты стала радиомаскировка – искажение и ограничение радиосигналов для предотвращения перехвата. Перед операцией «Уран» (1942) и Курской битвой (1943) советские войска ограничивали радиосвязь, создавали ложные радиостанции и имитировали переговоры.

Секретность связи обеспечивали спецслужбы. В годы войны это был НКВД, позже 8-е Главное управление НКВД (КГБ), под контролем Генштаба. Некоторые функции выполняли радиоподразделения НКВД.

Советские шифросистемы показали высокую эффективность: ни одна не была взломана, а радиомаскировка обеспечила внезапность операций. Благодаря этому Красная Армия до конца войны сохраняла контроль над связью.

Библиографический список

1. Великая Победа : в 15 т. Т. 10. Война в эфире / под ред. С. Е. Нарышкин, А. В. Торкунов. – М. : МГИМО–Университет, 2015.
2. Жалмуканов, Д. К. Становление криптографии в СССР и в годы Великой Отечественной войны / Д. К. Жалмуканов, Р. Д. Сулейменова // Научный лидер. – 2022. – № 18(63).

3. Ростех. Совершенно секретно: история шифровальных устройств [Электронный ресурс] // Ростех. 05.05.2023. – URL : <https://rostec.ru/media/news/sovershenno-sekretno-istoriya-shifrovalnykh-ustroystv/> (дата обращения: 10.08.2024).

СИСТЕМА ПЕРЕЛИВАНИЯ КРОВИ В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

М. А. Шмарина, В. Е. Лаврушина

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: bmt@tstu.ru)

В годы Великой Отечественной войны переливание крови было широко распространено на всех этапах лечения раненых, и количество переливаний увеличивалось с каждым годом. Бесперебойная подача крови на фронт позволила спасти жизни тысячам раненых солдат и значительно сократить время, затрачиваемое на лечение. Все это стало возможным благодаря четко организованной системе и специальному оборудованию [1 – 4].

Главными элементами системы переливания крови были: иглы; резиновые и стеклянные трубки; ампулы и банки с матерчатой муфтой, разработанные в Центральном институте переливания крови. В случае отсутствия специальных банок для консервированной крови использовались бутылки.

Игла (с концом средней длины) с канюлей, резиновые трубки и банка должны были представлять замкнутую систему (рис. 1), которая перед использованием тщательно стерилизовалась в автоклаве вместе с консервирующим раствором. В резиновой пробке, закрывающей банку вместе с матерчатой муфтой, находилось два отверстия, через которые вставлялись короткая и длинная стеклянные трубки. Короткая стеклянная трубка служила для прохождения воздуха, на нее надевалась резиновая трубка длиной 8 см с ватным фильтром. К длинной же стеклянной трубке присоединялась резиновая трубка длиной около 45 см вместе с канюлей и иглой. После окончания взятия крови резиновую пробку заменяли стеклянной и осуществляли дальнейшее плотное закрытие, стерилизацию и пломбирование. На контрольном ярлыке после определения писали группу крови.

Взятие крови могло осуществляться также с помощью ампулы (рис. 2) с короткой резиновой трубкой (около 25...30 см), канюлей и иглой.



**Рис. 1. Элементы системы
переливания крови**

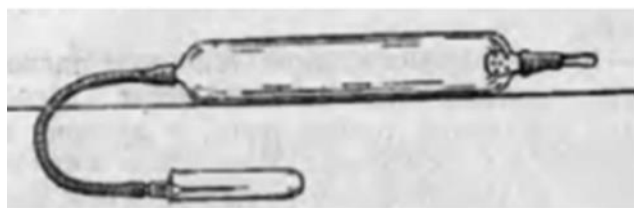


**Рис. 2. Устройство
для взятия крови**

После процедуры трубку прочно закрывали и перерезали, заполняли ярлык с группой крови. При необходимости взятие крови происходило в парно смонтированные ампулы.

Организация системы переливания крови имела большое значение в лечении раненых солдат, внесла неоценимый вклад в победу в Великой Отечественной войне. Тамбовская станция переливания крови бесперебойно обеспечивала консервированной кровью и стандартными сыворотками Брянский и Воронежский фронты, десятки госпиталей и всю сеть гражданских медицинских учреждений. Возглавлял Тамбовскую станцию переливания крови известный тамбовский хирург, организатор переливания крови в регионе И. М. Берлин. С 24 июня началась активная работа по вербовке доноров, огромную роль в которой сыграли первичные организации Добровольного общества Красного Креста и Красного Полумесяца Тамбовской области. Всего за годы войны Тамбовская станция переливания крови отправила фронту около 45 тысяч литров консервированной крови, увеличив более чем в 20 раз ее заготовку, благодаря чему были спасены десятки тысяч жизней защитников нашей Родины. Все это являлось возможным и выполнялось при помощи специальных систем, элементы и структура которых описаны в данной работе. В 1944 году по инициативе активных доноров области начат сбор средств на постройку самолета «Тамбовский донор». Всего было собрано более 100 тысяч рублей.

Библиографический список

1. Петровский, Б. В. Переливание крови в хирургии / Б. В. Петровский. – МЕДГИЗ, 1954.
2. Шнякина, Я. И. Система переливания крови в годы великой отечественной войны / Я. И. Шнякина, Т. А. Фролова // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : тез. докл. Пятой Всерос. молодеж. науч. конф. – 2020. – С. 34 – 36.
3. Фролов, С. В. Становление базы медицинского оборудования в учреждениях здравоохранения города Тамбова / С. В. Фролов, А. А. Горелов // История науки и техники. – 2012. – № 8. – С. 37 – 44.

РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖИДКОГО КИСЛОРОДА В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

М. А. Шмарина, В. Е. Лаврушина

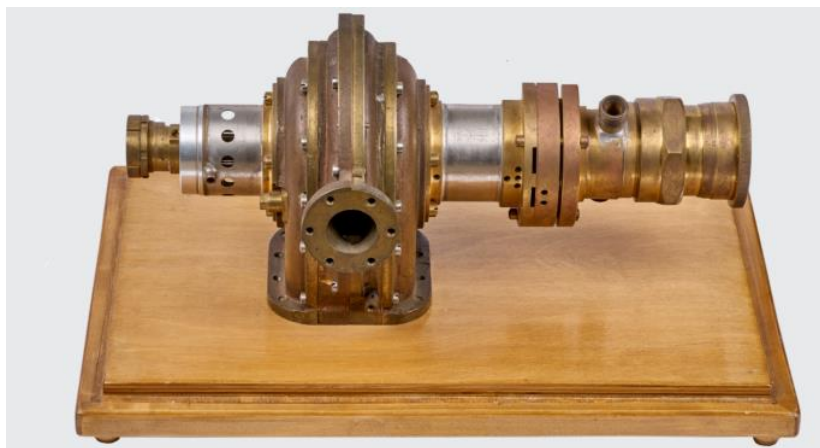
Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: bmt@tstu.ru)

В годы Великой Отечественной войны СССР столкнулся с острой необходимостью в медицинском кислороде для лечения раненых. Кислород был необходим для проведения операций, лечения пневмоний, ожогов и других тяжелых состояний у раненых. Однако существующие методы получения кислорода были энергоемкими и не обеспечивали нужного объема производства. Акаде-

мик П. Л. Капица разработал турбодетандерную (турбодетандер – это устройство, в котором газ расширяется, совершая работу, что приводит к его охлаждению и последующему сжижению) установку для промышленного производства жидкого кислорода, что стало ключевым достижением в обеспечении фронтовой медицины [1 – 4].

Еще в 1934 году в Кембридже Петром Капицей была не только разработана идея и конструкция первого поршневого детандера для ожижения гелия (устройства, преобразующего потенциальную энергию газа в механическую энергию для получения жидких газов), но и создана машина, успешно работающая при 10...20 К. По сравнению с классическими детандерами француза Ж. Клода и немца П. Гейландт, все последующие конструкции гелиевых поршневых детандеров были основаны именно на этой модели.

С началом войны работы над кислородными установками были прекращены. Поначалу считалось, что они не входили в военную тематику. Однако время показало, что такие работы необходимо не только продолжить, но и ускорить. В конце июля 1941 г. Петр Капица вместе с Институтом физических проблем был эвакуирован в Казань. В начале сентября 1941 г. в Казани начался монтаж опытных установок для получения жидкого воздуха, а затем и кислорода. В 1942 году первый экземпляр «Объект № 1» – турбокислородной установки производительностью 200 кг/ч жидкого кислорода был изготовлен и в начале 1943 г. запущен в эксплуатацию. В 1945 году сдана установка «Объект № 2», которая одна стала давать в два раза больше кислорода, чем все заводы Москвы. В этой установке сконцентрировались результаты многолетней работы коллективов исследователей, конструкторов и производственников, созданных и воспитанных Капицей.



Принцип работы установки для получения жидкого кислорода по методу Капицы основан на физическом процессе сжижения воздуха с использованием турбодетандера – устройства, обеспечивающего быстрое охлаждение газа при его расширении.

- Атмосферный воздух очищается от пыли, углекислого газа и влаги, поскольку эти примеси могут замерзнуть и повредить оборудование.

- Очищенный воздух сжимается компрессором до давления порядка 150 атмосфер, при этом он нагревается.

- Горячий сжатый воздух охлаждается в теплообменниках, передавая тепло уже охлажденному газу.
- Воздух поступает в турбодетандер, где быстро расширяется, выполняя работу. В результате этого температура резко падает – ниже точки сжижения кислорода.
- При охлаждении воздух сжижается, и компоненты (кислород и азот) отделяются. Установка позволяет извлекать именно жидкий кислород.
- Жидкий кислород накапливается в специальных резервуарах и далее транспортируется в госпитали.

Разработка и внедрение установки для производства жидкого кислорода под руководством П. Л. Капицы стало значительным достижением советской науки в годы войны. Это позволило обеспечить фронтовую медицину необходимыми ресурсами, повысить качество медицинской помощи.

Библиографический список

1. Шнякина, Я. И. Система переливания крови в годы великой отечественной войны / Я. И. Шнякина, Т. А. Фролова // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : тез. докл. Пятой Всерос. молодеж. науч. конф. – 2020. – С. 34 – 36.
2. Фролов, С. В. Становление базы медицинского оборудования в учреждениях здравоохранения города Тамбова / С. В. Фролов, А. А. Горелов // История науки и техники. – 2012. – № 8. – С. 37 – 44.

РАДИОВЕЩАНИЕ СССР В ПЕРИОД ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ (1941 – 1945): ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ДОСТИЖЕНИЯ РАДИОТЕХНИКИ

А. А. Юрьев

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: dodyarasom228@gmail.com)

Великая Отечественная война стала серьезным испытанием для всех сфер советского общества, включая радиовещание и радиотехнику. Радио играло ключевую роль в обеспечении связи, пропаганды и моральной поддержки населения и фронта. Технические достижения и инженерные решения того времени заложили основу для дальнейшего развития советской радиотехники.

С началом войны перед советскими инженерами и конструкторами встала задача создания надежных, мобильных и устойчивых к помехам радиостанций для фронтовой связи, а также мощных радиопередатчиков для вещания на огромные территории страны. Особое внимание уделялось повышению дальности передачи сигналов; устойчивости к помехам, включая глушение со стороны противника, миниатюризации и упрощению конструкции для массового производства; обеспечению надежности работы в экстремальных условиях (низкие температуры, вибрации, пыль).

Основные технические достижения радиотехники.

1. Разработка новых типов радиопередатчиков и приемников. В годы войны были созданы переносные и стационарные радиостанции с улучшенными характеристиками. Например, широко применялись ламповые передатчики с повышенной выходной мощностью (до нескольких киловатт), что позволяло вести связь на сотни километров. Приемники получили улучшенную селективность и чувствительность благодаря внедрению новых схем усиления и фильтрации.

2. Использование УКВ-диапазона. Хотя основным диапазоном оставались КВ (короткие волны) и СВ (средние волны), начались эксперименты с УКВ (ультракороткими волнами), что позволило повысить качество передачи речи и снизить влияние атмосферных помех.

3. Антенное хозяйство. Для увеличения дальности связи активно разрабатывались новые типы антенн – направленные рамочные, дипольные системы с возможностью перестройки по частоте. Это позволило оптимизировать излучение сигнала под конкретные условия местности.

4. Автоматизация и стандартизация. В условиях военного времени была внедрена стандартизация комплектующих элементов – ламп, конденсаторов, катушек индуктивности – что ускорило производство и ремонт оборудования. Появились первые элементы автоматического регулирования частоты (АРЧ) для стабилизации работы передатчиков.

5. Защита от помех и глушения. Советские инженеры разработали методы частотного прыжка и кодирования сигналов для повышения защищенности связи от перехвата и глушения противником.

Большую роль сыграли научно-исследовательские институты, такие как НИИ-9 Наркомата связи СССР, где велась разработка новых схем усилителей мощности, генераторов высокой стабильности частоты, а также систем модуляции сигнала. Инженеры активно использовали методы теории управления для повышения надежности работы радиоаппаратуры.

Кроме того, значительные усилия были направлены на обучение персонала – создание учебных программ по эксплуатации сложной радиоаппаратуры способствовало эффективному использованию техники на фронте.

Радиовещание СССР в период Великой Отечественной войны стало не только инструментом информационной поддержки населения и войск, но и полигоном для внедрения передовых инженерных решений в области радиотехники. Опыт этого периода заложил фундамент для послевоенного развития советской радиоэлектроники – от гражданских радиостанций до космической связи.

Библиографический список

1. Горбунов, В. А. История радиосвязи в СССР / В. А. Горбунов. – М. : Радио и связь, 1985. – С. 87–88.
2. Шевченко, В. Г. Радиовещание и пропаганда в годы Великой Отечественной войны / В. Г. Шевченко. – М. : Изд-во МГУ, 1991. – С. 56–57.

Секция 1. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ

<i>Нго Зуи Хань.</i> Проблемы и перспективы развития источников бесперебойного питания источников бесперебойного питания (ИБП) в современной цифровой индустрии	3
<i>Рябов И. Д., Антоничев Д. Р., Панасюк Ю. Н.</i> Алгоритм дальномерного канала с адаптивной фильтрацией	4
<i>Антоничев Д. Р., Рябов И. Д., Панасюк Ю. Н.</i> Исследование влияния параметров алгоритма адаптивной фильтрации на точность угломерного канала	6
<i>Архипова А. В., Колодин К. С.</i> Влияние параметров среды на распространение электромагнитных волн	8
<i>Белан Е. А., Федосеенко И. С., Гуцин Н. А., Кольтюков Н. А.</i> Энергосберегающее управление сложными объектами	10
<i>Богданов О. О., Пудовкин А. П.</i> Анализ современного состояния неразрушающих методов контроля металлов и сплавов	12
<i>Гуцин Н. А., Белан Е. А., Федосеенко И. С., Кольтюков Н. А.</i> Энергосберегающее управление гибридными транспортными объектами ...	13
<i>Иванков А. А., Тарасов В. В.</i> Микрополосковая антенна RIFA цифровой портативной радиостанции диапазона 868 МГц	15
<i>Татаринцев Ю. Н.</i> Импульсный вихретоковый преобразователь для контроля толщин двухслойных материалов электронной техники	17
<i>Иванов Г. Г., Мануковский В. В., Котенко Я. Р., Южаков П. А.</i> Краткий обзор проекта положения о зоне ограничения передающего радиотехнического объекта, являющегося объектом капитального строительства	18
<i>Каптилов П. А., Климов В. Н., Яцков К. П.</i> Влияние параметров станции помех на дальность подавления РЛС	20
<i>Каргапольцев И. И.</i> Анализ существующих методов оптимизации геометрии коаксиально-полоскового перехода	22
<i>Ковалевская В. В., Чернышев А. Ю.</i> Снижение уровня бокового излучения разреженной антенной решетки	24
<i>Пасечников И. И., Гасанов М. Ф., Тарасов В. В., Тарасов М. В., Федоров В. А.</i> Коррекция АЧХ речевого сигнала в портативной радиостанции диапазона 868 МГц на основе применения цифрового сигнального процессора ADAU1701	25
<i>Лисицын А. В., Резников А. В., Монахова А. А.</i> Радиовидимость: математика и практика	27

<i>Костюк А. В., Ковалевская В. В., Останков А. В.</i> Математическая модель антенны с гребенчатым рефлектором	29
<i>Кудрявцев Р. А., Елисеичев Е. А.</i> Математическая модель малогабаритного бесколлекторного двигателя постоянного тока	30
<i>Медведев А. Е., Медведев И. С.</i> Моделирование направленных свойств антенны волнового канала	32
<i>Медведев А. Е., Медведев И. С.</i> Применение цифровых антенных решеток в телекоммуникационных системах	34
<i>Мокрозуб В. Г., Кривенцев А. Н., Полянский А. В., Скворцова А. А.</i> Автоматизация выбора элементов привода кристаллизатора с перемешивающим устройством	35
<i>Мордовин А. В., Москвитина Д. Д., Богданов О. О., Кожевников А. С.</i> Способ исключения информационных отказов при определении координат местоположения спутниковой навигационной системой	37
<i>Татаринцев Ю. Н., Пудовкин А. П.</i> Мостовой вихретоковый преобразователь для контроля толщин двухслойных материалов электронной техники	39
<i>Нгуен Д. Х., Во Т. Х.</i> Диагностика дефектов в аналоговой радиоэлектронной схеме методом отжига	40
<i>Останков А. В., Скорилов Н. А.</i> Антенная решетка с секторной диаграммой направленности	42
<i>Костюк А. В., Моисеев Д. А., Ковалевская В. В.</i> Оценка затухания радиосигнала при дифракции в помещении	43
<i>Лагутин Д. А., Чистилин Д. А.</i> Повышение эффективности работы цифровых автокомпенсаторов помех	45
<i>Попов В. В.</i> Передатчик линии связи четвертого поколения с повышенной энергетической эффективностью	47
<i>Медведев Д. А., Котенко Я. Р., Дронин Я. С., Иванов Г. Г.</i> Проектирование патч-антенны с применением метаматериалов	49
<i>Лагутин Д. А., Чистилин Д. А.</i> Реализация операции математического усреднения в цифровых автокомпенсаторах помех	51
<i>Карпунин А. А.</i> Проблематика обработки данных в промышленном «интернете вещей»	52
<i>Леонидов В. В.</i> Экспертные методы в диагностике электронной аппаратуры	54
<i>Муравьев К. А.</i> Принципы выбора платформ виртуализации	56
<i>Архипова А. В.</i> Обзор разработки и производства летающих беспилотных транспортных средств	58
<i>Иванов А. А.</i> Оптимальная обработка сигналов в измерительной системе аппаратуры приема сигналов спутниковых радионавигационных систем ...	60

<i>Иванов А. А.</i> Измерительная система псевдодальности в аппаратуре приема сигналов спутниковых радионавигационных систем	62
<i>Иванов А. В.</i> Бесплатформенные инерциальные навигационные системы с гироблоком на основе свободных гироскопов	64
<i>Лежнева Н. А.</i> Информационно-измерительная система определения высоты полета летательного аппарата на основе нерадиотехнических измерителей	66
<i>Миронова Д. Д.</i> Нанопотонные процессоры: проблемы и тенденции развития	68
<i>Баршутин Д. С., Баршутин С. Н.</i> Модель искажений фронта импульса напряжения во вторичной обмотке трансформатора	69
<i>Кипаренко В. Д.</i> Сравнительная оценка процедур и процессов сертификации и стандартизации объектов связи в России, США, КНР и странах ЕС	71
<i>Данилов С. Н., Шитов А. Н., Шпилёв Д. П., Бегляминов Р. А.</i> Оценка тренда процесса на основе фильтрации в пространстве состояний	73
<i>Шитов А. Н., Логвинов Н. А., Медведев И. С., Данилов С. Н.</i> Оценка характеристик процесса на основе моделей различного порядка	74
<i>Логвинов Н. А., Шпилёв Д. П., Бегляминов Р. А., Медведев И. С.</i> Оценка тренда процесса на основе моделей различного вида	76
<i>Глотов В. В.</i> Преобразование ближнего поля в дальнее методом конечных разностей во временной области	78
<i>Ушаков С. В., Стаценко Л. Г.</i> Методы оценки шумового загрязнения при создании шумовых карт	80
<i>Анисимов А. Д., Брюханов А. А., Шатских В. В.</i> Перспективы применения учебно-тренировочных средств в моделировании радиоэлектронных систем	81
<i>Чупахин И. А.</i> Универсальная технология беспроводной зарядки для электротранспорта	83
<i>Чупахин И. А.</i> Прототип робота для мониторинга растений	84
<i>Азима Ю. Р., Лагутин Д. А., Данилов С. Н.</i> Особенности фазовой пеленгации на малых дистанциях	86
<i>Суслин М. А., Циммер Д. А., Масловский И. Д.</i> Анализ электромагнитного поля колебания H_{011} цилиндрического объемного резонатора при диэлектрических и металлических возмущениях в Comsol Multiphysics	88
<i>Хорсик И. А., Шатовкин Р. Р.</i> Исследование платформы Robot Operating System в интересах реализации взаимодействия беспилотных аппаратов ...	90
<i>Хорсик И. А.</i> Особенности реализации и алгоритм взаимодействия беспилотных аппаратов на основе платформы Robot Operating System	92

<i>Худяков А. А., Шатовкин Р. Р.</i> Разработка математической модели маневренного движения беспилотного летательного аппарата вертолетного типа	94
<i>Худяков А. А.</i> Разработка математической модели движения беспилотного летательного аппарата вертолетного типа при зависании	96
<i>Ширяева Н. В.</i> Стационарная электронная система измерения влажности зерна в полевых условиях	98
Секция 2. СОВРЕМЕННЫЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ, ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ	
<i>Кутаев К. С.</i> Методы аппаратного профилирования средств обработки информации	100
<i>Фатхутдинов Т. М.</i> Использование больших языковых моделей для детектирования когнитивных искажений человека-оператора	102
<i>Тюрин И. В., Матвеев Д. А., Фомин М. А.</i> Измеритель скорости затвора фотокамер на микроконтроллере	103
<i>Тюрин И. В., Матвеев Д. А., Фомин М. А.</i> Интеллектуальные системы управления электродвигателями: подход к эффективности и надежности ...	105
<i>Бородин П. А., Курбатов Г. Е.</i> Алгоритмы мониторинга и визуализации состояния энергоемких объектов	106
<i>Данг Куанг Нгуен, Ван Фиен Нгуен, Дорохова Т. Ю.</i> Анализ метода измерения емкости кабеля в процессе производства	108
<i>Барсуков А. А., Дмитриев О. С.</i> Термостабилизация канала измерения температуры в информационно-измерительной системе исследования полимерных композитов	110
<i>Богомоллов А. В., Ильин А. Д., Головченко Е. В.</i> Преобразование информации индикатора тактической обстановки летчика летательного аппарата о типах радиоизлучающих целей	111
<i>Боровлев А. О., Барановский А. Д., Федюнин П. А., Кривенцов Н. С.</i> Особенности тылового обеспечения средств связи в составе сводных автомобильных колонн	113
<i>Андреев В. А., Денисюк А. А.</i> Диагностический контроль компонентов бортовой аппаратуры	115
<i>Курбатов Г. Е., Полушкин М. Ю., Бородин П. А., Нистратов В. О.</i> Влияние 5G/6G-сетей на конструкцию радиоприемных устройств	116
<i>Волков Б. В., Стафеев М. А., Федюнин П. А.</i> Подходы к построению автоматизированной системы управления сетью радиосвязи авиационного формирования	118
<i>Головченко Е. В., Федюнин П. А., Дьяченко В. А., Ильин А. Д.</i> Методический подход к экспресс-оценке электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств	119

<i>Гунько Р. В., Пехтерев В. В., Дьяченко В. А., Головченко Е. В.</i> Содержание технической проверки средств связи в рамках обеспечения полетов авиационной техники военно-воздушных сил	121
<i>Денисюк А. А.</i> Метод контроля нагрузочной способности микросхем	123
<i>Полкунов К. А., Чернышов Н. Г.</i> Динамическое планирование траектории и избегание препятствий в автономных БПЛА	124
<i>Иванин А. И., Курносов Р. Ю.</i> Обработка спутниковых данных с помощью глубокого обучения	126
<i>Иванов В. С., Черенков В. И.</i> Оперативное развертывание связи с использованием роя БПЛА	128
<i>Ивануткин А. Г., Блинов А. В.</i> Актуальные вопросы обеспечения управляемости современных радиоэлектронных, информационно-измерительных и управляющих систем	129
<i>Ивануткин А. Г., Блинов А. В.</i> Анализ методик оценки возможностей современных радиоэлектронных, информационных и управляющих систем	131
<i>Исаева О. В., Зауголков И. А., Суслин А. А.</i> Комплексная система защиты информации комитета по управлению муниципальным имуществом	133
<i>Кулапин М. А., Тычков А. Ю., Кузнецова А. А.</i> Исследование МЭМС-датчика MPU-6050 для беспилотных авиационных систем	134
<i>Мертвищев А. С., Хамарицкая О. А., Масликов А. М.</i> Исследование характеристик разрешения инверсного фильтра с коррекцией	136
<i>Казьмин С. К., Фомин М. А.</i> Применение интеллектуальных поверхностей в фазированных антенных решетках	138
<i>Чернышова Т. И., Курносов Р. Ю., Карелин П. И.</i> Анализ метрологической надежности при проектировании и эксплуатации аналоговых блоков информационно-измерительных систем	140
<i>Кашеваров Р. О., Рябов А. В.</i> Повышение устойчивости управления экипажами вертолетов армейской авиации	141
<i>Решетников Д. С., Хабибуллин Д. Р., Хайров И. А.</i> Квантовая криптография и методы ее реализации	143
<i>Кузнецов Е. А.</i> Интеллектуальный анализ изменений конструкторско-технологических структур в автоматизированных системах подготовки производства	145
<i>Левшин К. А., Стафеев М. А.</i> Влияние качества подготовки специалистов связи и радиотехнического обеспечения на обеспечение безопасности полетов	146
<i>Лупцов А. А.</i> Повышение эффективности испытаний бортовой аппаратуры	148

<i>Мыльников Л. А.</i> Использование матрично-топологического подхода и нотации EdPM для имитационного моделирования процессной деятельности	149
<i>Матвеев Д. А., Димкович Д. О., Потлов С. Ю.</i> Применение нейросетевых технологий для систем входного контроля электрорадиокомпонентов	151
<i>Нистратов В. О., Удалов Д. Е., Степанов И. С.</i> Нейросети в современных радиоприемных устройствах	153
<i>Николаев А. В.</i> Оценка надежности бортового радиоэлектронного устройства	154
<i>Нури А. Н. Н., Селиванова З. М.</i> Информационная модель волоконно-оптических систем передачи данных	156
<i>Бородин П. А., Курбатов Г. Е.</i> Особенности применения SCADA-систем на химических предприятиях	157
<i>Умиров Т. У.</i> Особенности применения высокоэффективных антенных систем в поездной радиосвязи	159
<i>Курносов Р. Ю., Карелин П. И.</i> Оценка метрологической исправности аналого-цифровых преобразований в информационно-измерительных системах	160
<i>Полозов М. А., Коробова Л. А.</i> Проектирование автоматизированной системы учета рабочего времени и анализа продуктивности деятельности персонала компании	162
<i>Хабибуллин Д. Р., Решетников Д. С., М. А. Кулапин М. А.</i> Преимущества усилителей класса D	163
<i>Хлебодаров А. В., Сметанин К. В., Чепрасов В. В., Четырина К. С.</i> Применение метаповерхностей для создания плоских многочастотных антенных решеток	165
<i>Нистратов В. О., Степанов И. С., Удалов Д. Е.</i> Проблемы применения технологий искусственного интеллекта в радионавигационных системах ...	166
<i>Пуговкин И. Л.</i> Актуальные направления использования радиоэлектронных средств в информационных системах	168
<i>Палатов П. А., Грибков А. Н., Буранова Н. Г.</i> Структура базы данных программного модуля имитационного моделирования системы энергосберегающего управления теплотехнологическим объектом	170
<i>Остроухов Д. Ю., Чернышов В. Н.</i> Микроволновая система неразрушающего контроля ТФХ-объектов с компенсацией влияния дестабилизирующих факторов	171
<i>Родина А. В.</i> Разработка и исследование кольцевой сети обмена информацией в аппаратуре космических аппаратов	173
<i>Волков Г. А., Юнес Х., Хасан М.</i> Проектирование макета измерения температуры с кварцевым резонатором в роли термочувствительного элемента	174

<i>Иванов М. Н.</i> Усилитель модульный комбинированный УМК 4	176
<i>Серебряков Д. В.</i> Методика обеспечения теплового режима бортового радиоэлектронного устройства	177
<i>Полкунов К. А., Чернышов Н. Г.</i> Система обнаружения препятствий для БПЛА на основе компьютерного зрения	179
<i>Скоморохов К. В., Селиванова З. М.</i> Оценка точности информационно-измерительной системы при контроле качества теплопроводящих подложек для электронных компонентов	180
<i>Хлебодаров А. В., Сметанин К. В., Чепрасов В. В., Четырина К. С.</i> Способы управления метаповерхностями с помощью электромагнитных импульсов ...	182
<i>Кочнев Д. К., Кутырев Н. С., Консевич А. И.</i> VPN в корпоративной среде ...	183
<i>Кутырев Н. С., Кочнев Д. К., Жебровский С. И.</i> Первый взгляд на Wi-Fi 7 ...	184
<i>Фомин М. А., Казьмин С. К.</i> Использование сетей 6G в управлении беспилотными аппаратами	186
<i>Сайфуллозода К. С., Белоусов О. А.</i> Повышение эффективности адаптации каналов связи в системах LTE/LTE-A с использованием продвинутых методов и алгоритмов	188
<i>Магомедов Н. И., Сайфуллозода К. С., Белоусов О. А.</i> Методы управления антенными решетками	189
<i>Чернышова Т. И., Магомедов Н. И., Курносков Р. Ю.</i> Повышение метрологической надежности информационно-измерительных систем	191
<i>Курносенко А. Е., Нгуен К. Х.</i> Имитационное моделирование операции дозирования и трафаретной печати техпроцесса сборки электронных модулей на печатных платах	192
<i>Матвеев Д. А., Потлов С. Ю., Удалов Д. Е.</i> Пульт дистанционного управления БПЛА для агропромышленного мониторинга	194
<i>Димкович Д. О., Потлов С. Ю., Удалов Д. Е.</i> Тестовая конвейерная лента на платформе ESP32	196
<i>Турищев К. П., Казьмин А. И.</i> Перспективы развития систем передачи информации специального назначения	197
<i>Черенков В. И., Иванов В. С.</i> Разработка устройства контроля стиля вождения общественного транспорта	199
<i>Шнейдмиллер В. Р.</i> Алгоритм определения пространственного положения космического аппарата	201
<i>Ведерников В. К., Мизев Е. Н., Булютин М. А.</i> Радиотехнический комплекс для приема потокового видеовещания	202
<i>Долматов А. В., Фам С. Х., Увайсов Р. М.</i> Использование виртуальных испытаний для прогнозирования наработки до отказа радиоэлектронных средств	204

<i>Женишбеков Б. Ж., Каримов Б. К.</i> Тенденции развития электронных компонентов систем безопасности в телекоммуникационном секторе Кыргызской Республики	206
<i>Эриков У. Э., Бакытов Р. Б.</i> Передача данных в мобильной сети с управляемой топологией	208

Секция 3. МЕДИЦИНСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

<i>Кузнецов А. А.</i> О механизмах приема внешнего физического сигнала в режиме нормализации ритма сердца	210
<i>Кузнецов А. А.</i> Требования к приборам регистрации ритмограмм людей, больных ишемической болезнью сердца	211
<i>Негуляева А. В.</i> Современные подходы в мезотерапии	213
<i>Перифилов И. Р., Кувшинников В. С.</i> Автоматизация оценки результатов капиллярного контроля сварных соединений сосудов для хранения медицинского кислорода	215
<i>Бессонова В. С.</i> Электросон: способ восстановительного лечения больных после инсульта головного мозга	217
<i>Долгов Я. В.</i> Фотоколориметр КФК-2МП	218
<i>Долгов Я. В., Дубровин В. В.</i> Неинвазивное измерение глюкозы	220
<i>Долина Е. И.</i> Инновационное оборудование компании Thermo Fisher Scientific	221
<i>Евстигнеева Е. П.</i> Выбор медицинского оборудования	223
<i>Евстигнеева Е. П., Проскурин С. Г.</i> Исследование нарушения сна на основе соответствия частот электроэнцефалограммы	225
<i>Ермаков Д. А., Ефремов М. Ю.</i> Автоматизированная система формирования персонифицированной программы реабилитации	227
<i>Иванова Т. В.</i> Перспективы автоматизации анализа аудиометрических тестов	228
<i>Коробков С. В., Жилин И. А., Горбачев И. Н.</i> Детектор особых точек на снимках видеоряда на основе корреляционных методов	230
<i>Коробов А. А., Савинова К. С.</i> Исследование процессов терморегуляции с помощью приложения Heat Balance от Dräger	232
<i>Коробов А. А.</i> Современные тенденции математического моделирования сердечно-сосудистой системы	233
<i>Корсунский Н. А.</i> Гибридный генетический алгоритм для идентификации параметров нелинейных моделей с ограничениями в задачах биоимпедансометрии	235
<i>Кузнецова А. В., Петров И. Э.</i> Разработка прототипа умных очков для глухих и слабослышащих людей	236

<i>Кузнецова А. В., Аветисян А. Р., Проскурин С. Г. Особенности определения количественных характеристик аритмии посредством фоноплетизмографии</i>	238
<i>Лагута М. В., Кравчук Д. А. Исследование процессов нелинейного взаимодействия низкочастотных акустических волн с биотканями при различных параметрах излучения</i>	240
<i>Лобач Д. В. Перспективы развития в области магнитотерапии</i>	242
<i>Логинова Д. И. Новые подходы в рН-метрии</i>	243
<i>Любавина М. А., Фролова Т. А. Особенности и нарушения сна у детей</i>	245
<i>Лях А. В. Многомерные модели биоимпедансного картирования при диагностике заболеваний легких</i>	247
<i>Медведева А. В., Нечай А. А. Перспективы использования функционального узла вывода рельефно-точечного символа шрифта Брайля</i>	248
<i>Моргунов Н. Р., Сеченева Е. В., Фролова Т. А. Подбор оборудования для офтальмологического кабинета: проблема и решение</i>	250
<i>Нечай А. А., Медведева А. В. Перспективы формирования «розового шума» из аудиосигнала с заиканием</i>	252
<i>Панькин Д. В. Применение эффекта резонанса в физиотерапии</i>	253
<i>Попов И. А., Фролова Т. А. Алгоритм выбора оптимальной модели биохимического анализатора</i>	255
<i>Котенко А. С., Кравчук Д. А. Анализ речевого сигнала для определения психоэмоционального состояния человека</i>	257
<i>Новоселов К. И., Бразовский К. С. Анализ работоспособности бюджетного электроимпедансного томографа из открытых источников</i>	259
<i>Савинова К. С. Разработка и исследование экспериментальной модели неонатального инкубатора нового поколения</i>	261
<i>Сорока Н. О., Баршутина Д. С. Исследование степени поглощения инфракрасного излучения раствором сахара</i>	263
<i>Сеченева Е. В., Моргунов Н. Р. Современные вызовы и решения в оснащении офтальмологического кабинета</i>	264
<i>Скворцов М. К., Фатнев Д. А., Старцев Е. А. Диагностическая система функционального состояния системы дыхания на основе анализа системных ритмов</i>	266
<i>Старых Д. Г. Модернизация ультразвукового сканера отечественного производства «УНИСОН 2-03»</i>	268
<i>Мартюшева П. С. Сравнительный анализ методов определения количества нейронов и других клеток в тканях мозга</i>	269
<i>Мясоедов Р. С., Истомина Т. В. Совершенствование анализа стабิโลграммы на основе сравнения с индивидуальной нормой</i>	271

<i>Судаков Д. Е.</i> Определение критического состояния сердечно-сосудистой системы с врожденным пороком сердца на основании отношения давлений в желудочках	273
<i>Судаков Д. Е.</i> Определение критического состояния сердечно-сосудистой системы с врожденным пороком сердца на основании отношения кровотоков	275
<i>Федотова Е. Н.</i> Методы улучшения эндоскопического изображения	277
<i>Конько М. А., Темняков Н. С., Алексанян Г. К.</i> Герметичная упрощенная функциональная модель средостения для электроимпедансной томографии легких младенцев	278
<i>Любавина М. А., Журавлев Н. Р., Фролова Т. А.</i> Разработка системы мониторинга детского сна	280
<i>Вареникова А. Ю., Чернов Н. Н.</i> Использование акустического нелинейного параметра для целей медицинской визуализации	282
<i>Кириллова В. П., Истомина Т. В.</i> Система критериев для обнаружения постинсультных критических состояний по ЭЭГ	284
<i>Ковалева Д. Ю.</i> Оптимизация работы неонатальных инкубаторов с учетом физических особенностей младенца	286
<i>Усачев С. С., Кувшинников В. С.</i> Разработка информационных технологий и алгоритмов для импорта 3D-моделей объектов в среду виртуальной реальности	288
<i>Серова Н. М.</i> Автоматическое определение стадий сна по данным полисомнографии	289
<i>Сударев А. В., Ковшов Е. Е.</i> Автоматизированный контроль качества изображений при цифровой микрофокусной рентгенографии электронных компонентов медицинской техники	292
<i>Ушаков А. Ю., Фролов С. В.</i> Математическое описание физиологии дыхания человека	293
<i>Филиппов А. Д.</i> Модель дыхательной системы для жидкостной искусственной вентиляции легких	295
<i>Филиппов А. Д.</i> Применение вейвлет-преобразования для анализа ЭКГ	297
<i>Штыркова С. Р.</i> Исследование модели пульсирующего сердца с дефектом межпредсердной перегородки	298
<i>Штыркова С. Р.</i> Исследование модели пульсирующего сердца с врожденным стенозом легочной артерии	300
<i>Щеголев И. В.</i> Цифровой измеритель артериального давления	302
<i>Щеголев И. В., Дубровин В. В.</i> Использование НС для анализа ЭКГ	304

Секция 4. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ И СВЯЗИ В ПЕРИОД ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

<i>Малышев И. С., Брехов А. А.</i> Роль радиосвязи при прорыве блокады Ленинграда	307
<i>Бритиков Д. А.</i> История развития радиолокационных станций	308
<i>Дорохова Т. Ю., Дорохова А. В.</i> История радио в годы Великой Отечественной войны	310
<i>Богомолов А. В., Ильин А. Д.</i> Развитие средств радиосвязи во фронтовой авиации в годы Великой Отечественной войны	312
<i>Кузнецов В. М.</i> Использование радиостанций 6-ПК в начале войны	313
<i>Кирюшатов И. Д., Приставка Р. А.</i> Высокоскоростная оптическая система трекинга на базе ИК-светодиодов и фотодиодов	315
<i>Ананьев А. Г., Чурилов И. В., Гузаревич С. Р., Боганов Д. А.</i> Навигационные технологии в период Великой Отечественной войны и в Советском Союзе в 1940-е годы	317
<i>Попов И. А.</i> История развития тепловизоров	318
<i>Гончарова А. А., Зуева Е. А., Дорохова А. В.</i> Производство радиоаппаратуры в годы Великой Отечественной войны	320
<i>Черняев И. Е., Владимир Г. И.</i> Средства связи сухопутных войск Красной армии в период Великой Отечественной войны	322
<i>Евтеев А. Д., Синицына Ю. С.</i> Развитие станций радиопомех в годы Великой Отечественной войны	323
<i>Ремезов Л. К.</i> Радиорелейная связь в годы Великой Отечественной войны	325
<i>Солодовников Е. Я.</i> РЭБ на фронтах Великой Отечественной войны	327
<i>Тихонов С. Д.</i> РЭБ во время Великой Отечественной войны	328
<i>Федюнин П. А., Безрядин В. А.</i> Вклад сотрудников кафедры (управления воинскими частями связи и радиотехнического обеспечения авиации) в победу в Великой Отечественной войне	330
<i>Федюнин П. А., Безрядин В. А.</i> Фронтовые подвиги сотрудников кафедры (управления воинскими частями связи и радиотехнического обеспечения авиации) в годы Великой Отечественной войны	331
<i>Черкасов М. А.</i> История становления и развития радиотехники	333
<i>Чопов А. В., Танайлов В. А., Лобачев М. В., Гладилина Д. А.</i> Как шифровалась связь: технологии защиты в годы Великой Отечественной войны	334
<i>Шмарина М. А., Лаврушина В. Е.</i> Система переливания крови в годы Великой Отечественной войны	336
<i>Шмарина М. А., Лаврушина В. Е.</i> Разработка установки для производства жидкого кислорода в годы Великой Отечественной войны	337
<i>Юрьев А. А.</i> Радиовещание СССР в период Великой Отечественной войны (1941 – 1945): технические аспекты и достижения радиотехники	339

Научное электронное издание

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

**X ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ, МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ,
ПОСВЯЩЕННАЯ «ДНЮ РАДИО И СВЯЗИ»
И 80-ЛЕТИЮ ПОБЕДЫ В ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЕ**

**Сборник трудов
(Тамбов, 7 мая 2025 г.)**

Редактирование: И. В. Калистратовой, Е. С. Мордасовой, Л. В. Комбарово
Графический и мультимедийный дизайнер Т. Ю. Зотова
Обложка, упаковка, тиражирование Т. Ю. Зотовой

ISBN 978-5-8265-2927-0



Подписано к использованию 23.06.2025.
Тираж 100 шт. Заказ № 89

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14
Телефон: (4752) 63-81-08
E-mail: izdatelstvo@tstu.ru