

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ



**IX ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ, МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ,
ПОСВЯЩЕННАЯ «ДНЮ РАДИО И СВЯЗИ»**

**Сборник трудов
(Тамбов, 7 мая 2024 г.)**

**Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2024**

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

**IX ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ, МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ,
ПОСВЯЩЕННАЯ «ДНЮ РАДИО И СВЯЗИ»**

**Сборник трудов
(Тамбов, 7 мая 2024 г.)**

Научное электронное издание



Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2024

УДК 621.396.6

ББК з844-02

P15

Редакционная коллегия:

Д. Ю. Муромцев – ответственный редактор,

Т. И. Чернышова – зам. ответственного редактора,

С. П. Москвитин, А. П. Пудовкин, С. В. Фролов, Н. Г. Чернышов

P15 **Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития** [Электронный ресурс] : сборник трудов IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием / под ред. Д. Ю. Муромцева и др. ; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2024. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium II ; CD-ROM-дисковод ; 11,0 Mb ; RAM ; Windows 95/98/XP ; мышь. – Загл. с экрана.
ISBN 978-5-8265-2785-6 (IX)

Представлены тезисы докладов и статьи участников IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития», 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.
Нелегальное копирование и использование данного продукта запрещено.*

ISBN 978-5-8265-1556-3 (общ.)

ISBN 978-5-8265-2785-6 (IX)

©Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тамбовский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2024

Секция 1

РАДИОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ АЛГОРИТМОВ ВЫБОРА ЛИДЕРА В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

В. Н. Гольдштейн¹, К. Р. Шатовкин²

¹ФАУ «Государственный научно-исследовательский институт
авиационных систем», Москва, Россия
(e-mail: starwars_98@mail.ru)

²МГТУ имени Н. Э. Баумана, Москва, Россия
(e-mail: shatovkin2012@yandex.ru)

Для снижения расхода ресурса, а также общего числа передаваемых сообщений для достижения определенного решения некоторые алгоритмы полагаются на наличие процесса-лидера (координатора), ответственного за исполнение или координацию этапов распределенного алгоритма. Лидер собирает и удерживает свое глобальное состояние, получает сообщения и распространяет их по всем имеющимся процессам. Он также может использоваться для координации реорганизации системы после ее отказа, в процессе инициализации или когда происходят важные изменения состояния. Выборы включаются, когда инициализируется данная система, и лидер выбирается в первый раз, или же, когда предыдущий лидер претерпевает отказ или перестает взаимодействовать. Выборы должны быть детерминистскими: по результатам этого процесса должен появиться лишь один лидер. Такое решение должно быть действенным для всех участников.

Алгоритм задиры является одним из алгоритмов выбора лидера, использует ранги процессов для выявления своего нового лидера [1, 2]. Каждый процесс получает некий уникальный назначаемый ему ранг. В процессе проведения выборов процесс с наивысшим значением ранга становится лидером. Этот алгоритм стал известным благодаря своей простоте. Он носит название «задиры» по той причине, что узел с наивысшим значением ранга «подавляет» прочие узлы, чтобы они приняли его в качестве лидера. Он также известен под названием монархического *выбора лидера*.

Алгоритм приглашения. Некий алгоритм приглашения позволяет процессам «зазывать» прочие процессы, соединяться с ними в группы, вместо того, чтобы выставлять им более высокий ранг. Этот алгоритм допускает множество

лидеров по определению, поскольку всякая группа обладает своим собственным лидером. Каждый процесс запускается как некий лидер какой-то новой группы, в которой только этот процесс, и является участником группы. Лидеры групп контактируют одноранговым образом с не относящимися к их группам участниками, приглашая их к объединению. Если такой одноранговый процесс сам по себе является лидером, две группы сливаются. В противном случае находящийся в контакте процесс отвечает идентификаторам лидера группы, позволяя двум лидерам групп наладить контакт и слить группы с меньшим числом шагов.

Алгоритм кольца. Алгоритм основан на использовании кольца (физического или логического), но без маркера [3]. Все узлы рассматриваемой системы формируют некое кольцо и осведомлены об установленной топологии кольца (т.е. о своих предшественниках и последователях в этом кольце). Когда определенный процесс замечает отказ имевшегося лидера, он запускает соответствующие новые выборы. Такое сообщение о выборах пускается далее по этому кольцу: каждый процесс вступает в контакт со своим последователем (следующим ближайшим к нему в кольце узлом). Когда такой узел недоступен, процесс пропускает недостижимый узел и пытается вступить в контакт со следующим после него узлом в кольце, до тех пор, пока один из них не ответит. Узлы контактируют со своими соседями, следуя по кругу и собирая набор рабочих узлов, добавляя себя в это множество перед тем, как передать его следующему узлу. Данный алгоритм продолжается до полного обхода своего кольца. Когда сообщение приходит обратно к тому узлу, который запустил эти выборы, в качестве лидера выбирается узел с самым высоким рангом в данном наборе работающих узлов.

К сожалению, все рассматриваемые алгоритмы склонны к проблеме расщепления сознания. Во избежание расщепления сознания приходится получать большинство голосов всего кластера.

Библиографический список

1. Garcia-Molina, H. Elections in a Distributed Computing System / H. Garcia-Molina // IEEE Transactions on Computers. – 1982. – No. 1. – P. 48 – 59.
2. A New Approach for Election Algorithm in Distributed Systems / Majid Gholipour, M. S. Kordafshari, Mohsen Jahanshahi, Amir Masoud Rahmani // Second International Conference on Communication Theory, Reliability, and Quality of Service. – 2009. – P. 70 – 74.
3. Murshed, Md. Golam Enhanced Bully Algorithm for Leader Node Election in Synchronous Distributed Systems / Murshed Md. Golam, Alastair R. Allen // Computers. – 2012. – No. 1. – P. 3 – 23.

4. Chang, Ernest. An Improved Algorithm for Decentralized Extrema-Finding in Circular Configurations of Processes / Ernest Chang, Rosemary Roberts // Communications of the ACM. – 1979. – No. 5. – P. 281 – 283.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ АЛГОРИТМОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫСОТЫ ПОЛЕТА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА В РЕЖИМЕ ОГИБАНИЯ РЕЛЬЕФА

В. Н. Гольдштейн, Н. Ю. Королев

ФАУ «Государственный научно-исследовательский институт
авиационных систем», Москва, Россия
(e-mail: starwars_98@mail.ru)

Существует несколько алгоритмов определения высоты полета летательного аппарата (ЛА) в режиме огибания рельефа.

1. **Барометрический алгоритм.** Использует данные о барометрическом давлении для определения высоты над уровнем моря [1]. Принцип работы: измеряет текущее барометрическое давление, сравнивает его с эталонным давлением на уровне моря, рассчитывает высоту по разнице между давлениями. Преимущества: простота реализации и низкая стоимость. Недостатки: низкая точность, небезопасен в гористой местности.

2. **Алгоритм радиовысотомера.** Использует радиолокационный высотомер для измерения высоты над рельефом местности. Обеспечивает более высокую точность, чем барометрический метод [2]. Принцип работы: излучает радиолокационный импульс, измеряет время, за которое импульс отразится от поверхности, рассчитывает высоту по времени задержки импульса. Преимущества: более высокая точность, чем у барометрического метода, не зависит от рельефа. Недостатки: может быть подвержен ошибкам в условиях плохой видимости, дороже, чем барометрический метод.

3. **Алгоритм огибания рельефа на основе цифровой модели рельефа.** Использует цифровую модель рельефа (ЦМР) для определения безопасной высоты полета. Обеспечивает высокую точность и безопасность, но требует предварительной загрузки ЦМР [3]. Принцип работы: определяет координаты ЛА, находит в ЦМР высоту рельефа в этих координатах, рассчитывает безопасную высоту полета с учетом минимальной безопасной высоты и уклона рельефа. Преимущества: высокая точность, безопасность. Недостатки: требует предварительной загрузки ЦМР, могут быть дорогостоящие вычисления.

4. *Алгоритм адаптивного огибания рельефа.* Использует комбинацию данных о барометрическом давлении, радиовысотомера и ЦМР для определения оптимальной высоты полета. Обеспечивает высокую точность, безопасность и адаптивность к различным условиям местности [4]. Принцип работы: объединяет данные с разных датчиков, анализирует рельеф местности, выбирает оптимальную траекторию полета с учетом безопасности, точности и других факторов. Преимущества: высокая точность, безопасность, адаптивность к различным условиям местности. Недостатки: дороже, чем другие алгоритмы, дорогостоящие вычисления.

5. *Алгоритм 3D-сканирования.* Использует 3D-сканеры для создания подробной модели рельефа местности. Обеспечивает максимально точное огибание рельефа, но требует дорогостоящего оборудования [5]. Принцип работы: сканирует рельеф местности с помощью 3D-сканера, создает 3D-модель рельефа и планирует траекторию с учетом этой модели. Преимущества: максимальная точность. Недостатки: требуется дорогостоящее оборудование.

Анализ результатов сравнения существующих алгоритмов определения высоты полета позволил сделать следующие выводы: барометрический алгоритм является простым и доступным, но неточным и небезопасным в гористой местности; алгоритм радиовысотомера точнее барометрического, но может быть подвержен ошибкам в условиях плохой видимости; алгоритм огибания рельефа на основе ЦМР обеспечивает высокую точность, но требует предварительной загрузки ЦМР; алгоритм адаптивного огибания рельефа является универсальным и безопасным, но более дорогим; алгоритм 3D-сканирования обеспечивает максимальную точность, но требует дорогостоящего оборудования.

Библиографический список

1. Боднер, В. А. Авиационные приборы / В. А. Боднер. – М. : Машиностроение, 1969. – 466 с.
2. Воробьев, В. Г. Авиационные приборы и измерительные системы / В. Г. Воробьев, В. В. Глухов, А. Л. Грохольский ; под ред. В. Г. Воробьева. – М. : Транспорт, 1981. – 391 с.
3. Новаковский, Б. А. Комплексное геоинформационно-фотограмметрическое моделирование рельефа : учебное пособие / Б. А. Новаковский, Р. В. Пермяков. – М. : Изд-во «МИИГАиК», 2019. – 175 с.
4. Леонтьев, А. С. Математические модели процессов управления мало-высотным полетом летательного аппарата с учетом местоположения средств противовоздушной обороны противника / А. С. Леонтьев // Системы управления, связи и безопасности. – 2021. – № 6. – С. 8 – 29.

5. Rioux, M. Digital 3-D Imaging: Theory and Applications / M. Rioux // Proc. of SPIE: Proceedings, Videometrics III, International Symposium on Photonic and Sensors and Controls for Commercial Applications. – Boston, 1994. – V. 2350. – P. 2 – 15.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ОБЛИКА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ СОВМЕСТНЫХ ДЕЙСТВИЙ С ПИЛОТИРУЕМОЙ АВИАЦИЕЙ ПРИ РЕШЕНИИ ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

А. Г. Окуньков¹, Р. Р. Шатовкин²

¹ФАУ «Государственный научно-исследовательский институт
авиационных систем», Москва, Россия

(e-mail: art_0800@gosnias.ru)

²МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Россия

(e-mail: shatovkin@yandex.ru)

Анализ полученных результатов имитационного моделирования совместных действий беспилотного летательного аппарата (БПЛА) средней дальности и пилотируемого летательного аппарата (ПЛА) позволил сформулировать следующие рекомендации:

- БПЛА и ПЛА должны взаимодействовать в едином контуре управления, что обуславливает необходимость наличия закрытых каналов обмена данными (как для передачи команд от ПЛА на БПЛА, так и для передачи потоков видеоизображений от БПЛА на ПЛА);
- совместные действия БПЛА и ПЛА необходимо скоординировать в пространстве и синхронизировать во времени с учетом приоритетности команд управления от ПЛА или наземных (воздушных) пунктов управления;
- для успешного решения оперативно-тактических задач типа «воздух-поверхность» БПЛА должны быть: оснащены средствами радиотехнической разведки и(или) оптико-электронной системой (ОЭС); вооружены боекомплектом из противорадиолокационных ракет (ПРР) или управляемых комплексов ракетно-бомбового вооружения / управляемых планирующих бомб;
- при действиях в условиях неподавленных средств противовоздушной обороны (ПВО) противника БПЛА должны использовать маловысотный полет (полет по рельефу) для укрытия за рельефом местности на высокой дозвуковой

скорости (до 0,9 М), поднимаясь только для обнаружения наземной цели и удара по ней;

- в зависимости от отведенной роли БпЛА должны выполняться как в виде ложных целей (для провокации средств ПВО противника), так и в разведывательном (обнаружение, распознавание наземных целей) и ударном (нанесение ударов по наземным и воздушным целям) вариантах. Это подразумевает унифицированное исполнение и модульную конструкцию БпЛА;

- для повышения скрытности действий БпЛА (в ударном и разведывательном вариантах исполнения) в радиолокационном диапазоне длин волн необходимо уменьшить их эффективную площадь рассеивания, как за счет размещения вооружения во внутренних отсеках, так и за счет нанесения радиопоглощающего покрытия;

- для достижения координации действий БпЛА и ПЛА по пространству и их синхронизации по времени предпочтителен вариант исполнения БпЛА с воздушным стартом при одинаковых диапазонах изменения значений скорости БпЛА и ПЛА;

- так как решение оперативно-тактических задач подразумевает групповое применение БпЛА (в большинстве случаев разного назначения), то каждый БпЛА должен быть способен получать и обрабатывать информацию не только от ПЛА, но и от других БпЛА в группе, а также от наземных (воздушных) пунктов управления;

- для повышения эффективности применения БпЛА должно быть реализовано соответствующее алгоритмическое обеспечение системы управления полетом, а также бортовые алгоритмы обнаружения и распознавания типа цели, что обуславливает необходимость оснащения БпЛА ОЭС высокого разрешения и бортовой системой искусственного интеллекта.

Для обеспечения взаимодействия с БпЛА ПЛА должны быть доработаны в следующих направлениях: размещения на борту второго члена экипажа – оператора управления группой БпЛА; установки на борт аппаратуры связи для управления группой БпЛА; разработки системы индикации и поддержки принятия решений оператором БпЛА с элементами искусственного интеллекта, обеспечивающей управление группой БпЛА. Были сформулированы рекомендации по совершенствованию облика БпЛА для реализации совместных действий с ПЛА при решении оперативно-тактических задач, разработанные на основе методов системного и структурного анализа, построения и анализа сложных систем с использованием результатов имитационного моделирования, отличающиеся от известных обоснованием направления совершенствования характеристик, систем и средств комплекса бортового оборудования, бортового

вооружения БпЛА согласно отведенной ему роли при решении оперативно-тактических задач совместно с пилотируемой авиацией, и позволяют определить направления доработки бортового оборудования ПЛА для реализации совместных действий с БпЛА и пути дальнейшего повышения эффективности совместного применения БпЛА и ПЛА при решении оперативно-тактических задач.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО И АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТОМ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

А. Г. Окуньков

Федеральное автономное учреждение
«Государственный научно-исследовательский институт
авиационных систем», Москва, Россия
(e-mail: art_0800@gosnias.ru)

Практическая реализация математического и алгоритмического обеспечения системы управления полетом беспилотного летательного аппарата (БпЛА) возможна на плате вычислителя, общий вид которой представлен на рис. 1.



Рис. 1. Общий вид платы вычислителя

Вычислитель способен: выполнять прием изображений от внешних устройств; выполнять сохранение и загрузку данных и изображений со встроенного хранилища (микросхемы памяти для долговременного хранения

данных); выполнять кодирование, декодирование и обработку изображений; исполнять алгоритмы сверточных и других нейронных сетей; исполнять загружаемые программы с использованием универсальных процессорных ядер, имеющих архитектуру MIPS; реализовывать сетевой обмен информацией с другими устройствами; реализовывать прочие функции общего назначения; загружать данные с внешнего носителя информации; предоставлять доступ к встроенному хранилищу данных для скачивания информации на внешние устройства.

Вычислитель имеет: разъем серии JFA-J1000 (S20B-J11DK-GWXR) с подведенным питанием и интерфейсом Ethernet (100BaseTX); интерфейсы Ethernet (100 Мбит), USB 2.0 Host (2 шт., с поддержкой режима High-Speed), UART-USB либо SPI, JTAG (для подключения устройства отладки), поддерживает работу удаленного терминала на подключенном через Ethernet внешнем устройстве; разъем для соединения с интерфейсной платой для подключения внешних устройств к интерфейсам вычислителя; микросхему памяти для обеспечения начальной загрузки; несъемную микросхему памяти объемом не менее 64 Гб для долговременного хранения данных; несъемные микросхемы оперативной памяти суммарным объемом необходимым для обеспечения работы процессора; 16 управляемых процессором светодиодов; устройство принудительного охлаждения (кулер), обеспечивающий нормальную рабочую температуру.

Вычислитель реализован на отечественном микропроцессоре цифровой обработки изображений и сигналов 18922BM248 «RoboDeus» (рис. 2).



Рис. 2. Внешний вид микросхемы 1892BM248 RoboDeus

Микросхема RoboDeus представляет собой систему на кристалле многоядерного микропроцессора для нового поколения оборудования с поддержкой видеоаналитики. Микросхема может использоваться в когнитивных серверах, в задачах обучения нейронных сетей, автономных робототехнических комплексах и мультимедийных приложениях.

Высокопроизводительная микропроцессорная система на кристалле RoboDeus изготавливается по технологии КМОП 16 нм и включает 8-ядерный

когерентный кластер CPU MIPS64, кластер на базе 16 DSP-ядер ELcore-50, 4 графических ядра PowerVR Series8XT, кодеки HEVC/H.264, навигационное ядро с поддержкой ГЛОНАСС/GPS/BeiDou/ GALILEO и встроенные порты ввода/вывода.

Чип предназначен для машинного зрения и обучения, задач видеоаналитики и видеонаблюдения, распознавания образов, обучения нейронных сетей, мультимедийных приложений и робототехники.

Микросхема способна обрабатывать потоки информации от радаров, лидаров, тепловизоров, датчиков звука и других сенсоров.

Чип содержит в себе два кластера по 4 ядра MIPS64 Warrior I6500, которые работают на частотах до 1,5 ГГц, способны выполнять по 2 потока команд и имеют 128-битный SIMD сопроцессор и кэш второго уровня размером 4 Мб. Размер кэша третьего уровня составляет 16 Мб.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ НАПРАВЛЕНИЙ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА МЫШЛЕНИЯ

К. Р. Шатовкин

МГТУ имени Н. Э. Баумана, Москва, Россия
(e-mail: shatovkin2012@yandex.ru)

Термин интеллект (intelligence) происходит от латинского intellectus, что означает ум, рассудок, разум; мыслительные способности человека.

Соответственно, искусственный интеллект (Artificial Intelligence) – ИИ (AI) обычно толкуется как свойство автоматических систем брать на себя отдельные функции интеллекта человека, например, выбирать и принимать оптимальные решения на основе ранее полученного опыта и рационального анализа внешних воздействий [1]. Деятельность мозга (обладающего интеллектом), направленная на решение интеллектуальных задач, называется мышлением, или интеллектуальной деятельностью. Интеллект и мышление органически связаны с решением таких задач, как доказательство теорем, логический анализ, распознавание ситуаций, планирование поведения, игры и управление в условиях неопределенности. Характерными чертами интеллекта, проявляющимися в процессе решения задач, являются способность к обучению, обобщению, накоплению опыта (знаний и навыков) и адаптации к изменяющимся условиям в процессе решения задач. Благодаря этим качествам интеллекта мозг может решать разнообразные

задачи, а также легко перестраиваться с решения одной задачи на другую. Таким образом, мозг, наделенный интеллектом, является универсальным средством решения широкого круга задач (в том числе неформализованных), для которых нет стандартных, заранее известных методов решения. В области моделирования процесса мышления выделились два основных и практически независимых направления: логическое и нейрокибернетическое [2].

Логическое направление основано на выявлении и применении в системах искусственного интеллекта (СИИ) различных логических и эмпирических приемов (эвристик), которые применяет человек для решения каких-либо задач. Это направление можно рассматривать как моделирование мышления на уровне сознания или вербального мышления. Его достоинствами являются: возможность относительно легкого понимания работы СИИ; легкость отображения процесса рассуждений СИИ на ее интерфейс с пользователем на естественном языке или каком-либо формальном языке; достижимость однозначности поведения СИИ в одинаковых ситуациях. Недостатками этого подхода являются: трудность и неестественность реализации нечетких знаков (образов); трудность (или невозможность) реализации адекватного поведения СИИ в условиях неопределенности (недостаточности знаний, зашумленности данных, не точно поставленной цели и т.п.); трудность и неэффективность распараллеливания процесса решения задач.

Нейрокибернетическое направление основано на построении самоорганизующихся систем, состоящих из множества элементов, функционально подобных нейронам головного мозга. Это направление можно рассматривать как моделирование мышления на подсознательном уровне (моделирование интуиции, воображения). Оно началось с концепции формального нейрона Мак-Каллока-Питтса и исследований Розенблатта с различными моделями перцептрона – системы, обучающейся распознаванию образов. Его достоинства – это отсутствие недостатков, свойственных логическому направлению, а недостатки – отсутствие достоинств логического направления. Кроме того, в нейрокибернетическом направлении привлекает возможность получить систему, настраивающуюся на практически любое поведение, задав алгоритмы адаптации и особенности структуры искусственной нейронной сети. Причем его сложность зависит только от количественных факторов модели нейронной сети. Еще одним достоинством нейронной сети является ее живучесть (способность сохранять приемлемую эффективность решения задачи при выходе

из строя элементов сети). Это свойство нейронных сетей достигается за счет избыточности. Структурная избыточность нейронных сетей позволяет им успешно работать в условиях неполной или зашумленной информации.

Проведенный анализ позволяет утверждать, что для полноценного моделирования процесса мышления как на сознательном, так и на подсознательном уровне необходимо использовать оба рассмотренных направления.

Библиографический список

1. Подопригора, С. А. Моделирование искусственного интеллекта / С. А. Подопригора. – Благовещенск : Амурский государственный университет, 2007. – 91 с.
2. Гаврилов, А. В. Системы искусственного интеллекта. Ч. 1 / А. В. Гаврилов. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2001. – 67 с.

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ПОИСКА ПУТИ МИНИМАЛЬНОЙ СТОИМОСТИ В ГРАФЕ

Е. А. Ходулина¹, Р. Р. Шатовкин²

¹ФАУ «Государственный научно-исследовательский институт
авиационных систем», Москва, Россия
(e-mail: eva-hod@yandex.ru)

²МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Россия
(e-mail: shatovkin@yandex.ru)

Рассмотрим наиболее распространенные алгоритмы поиска пути минимальной стоимости в графе.

Алгоритм Дейкстры. Алгоритм Дейкстры рассчитывает кратчайшие пути из одной вершины графа во все остальные [1]. Каждой вершине присваивается метка, содержащая минимальную стоимость прохода в данную вершину из начальной (*shortest*), и метка, содержащая вершину, предшествующую данной вершине на кратчайшем пути (*pred*). Поддерживается множество обработанных вершин S и очередь с приоритетами Q . Во время работы алгоритма рассматриваются все вершины, начиная с начальной. Все ребра, исходящие из раз-

бираемой вершины, подвергаются процедуре ослабления или релаксации: если сумма метки *shortest* текущей вершины и веса ребра меньше, чем метка *shortest* конца ребра, то ему обновляются метки *shortest* и *pred*. Когда все ребра, исходящие из текущей вершины, ослаблены, текущая вершина помещается в множество *S* и в дальнейшем ребра, входящие в нее, не подвергаются ослаблению. Считается, что для вершин, находящихся в множестве *S*, посчитан окончательный кратчайший путь в них из заданной начальной точки.

Алгоритм A^* . Алгоритм A^* является модификацией алгоритма Дейкстры, в которой в качестве приоритета вершины в очереди с приоритетами используется сумма стоимости кратчайшего пути от начальной вершины до данной и величина некоторой функции g , оценивающей стоимость кратчайшего пути от текущей вершины до конечной вершины [2]. Чтобы алгоритм A^* был оптимален, функция g должна быть допустимой. Функция g допустима, если для любой вершины v значение функции $g(v)$ меньше, либо равно весу кратчайшего пути от v до конечной вершины. Поиск прекращается, когда будет обработана конечная вершина. К достоинствам данного алгоритма можно отнести то, что за счет использования функции оценки стоимости кратчайшего пути до конечной вершины в данном алгоритме обрабатывается меньше вершин, чем в алгоритме Дейкстры, что позволяет уменьшить время работы алгоритма. К недостаткам можно отнести то, что зачастую функция g является вычислительно сложной, что может нивелировать быстрое действие данного алгоритма относительно алгоритма Дейкстры.

Алгоритм *Reach*. Идея алгоритма *Reach*, описанного в работе [3], состоит в разделении вершин на «глобальные» и «локальные», и игнорировании «локальных» вершин в середине маршрута. Для определения, какие вершины игнорировать, используется метрика *reach*.

Метрика *reach* определяется следующим образом: пусть дан граф $G = (V, E)$ и функция $l: E \rightarrow \mathbb{R}$. Тогда метрикой *reach* для вершины v на пути P_{st} с начальной вершиной s и конечной вершиной t называется

$$r(v, P) = \min\{l(P_{sv}), l(P_{vt})\},$$

где P_{sv} – подпуть P от вершины s до вершины v ; P_{vt} – подпуть P от вершины v до вершины t ; а метрикой *reach* для вершины v в графе G называется

$$r(v, G) = \max\{r(v, P_i)\},$$

где P_i – все кратчайшие пути в графе, содержащие вершину v .

Алгоритм состоит из двух этапов: предобработка и запрос. Во время предобработки рассчитываются кратчайшие пути от каждой вершины до всех остальных вершин графа. Во время запроса выполняется модифицированный алгоритм Дейкстры. К достоинствам данного алгоритма можно отнести то, что за счет использования метрики *reach* в данном алгоритме во время запроса существенно сокращается количество обрабатываемых вершин, за счет чего время запроса, как правило, существенно меньше, чем у рассмотренных ранее алгоритмов. К недостаткам данного алгоритма можно отнести то, что предобработка на графах с большим количеством вершин и ребер занимает от нескольких часов до нескольких лет.

Библиографический список

1. A Note on Two Problems in Connexion with Graphs / E. W. Dijkstra et al. // Numerische mathematik. – 1959. – V. 1, No. 1. – P. 269 – 271.
2. Hart, P. E. A Formal Basis for the Heuristic Determination of Minimum Cost Paths / P. E. Hart, N. J. Nilsson, B. Raphael // IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics. – 1968. – V. 4, No. 2. – P. 100 – 107.
3. Gutman, R. J. Reach-Based Routing: A New Approach to Shortest Path Algorithms Optimized for Road Networks / R. J. Gutman // ALENEX/ANALC. – 2004. – V. 4. – P. 100 – 111.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ПОИСКА КРАТЧАЙШЕГО ПУТИ В ГРАФЕ, КОГДА МАРШРУТ СУЩЕСТВУЕТ

Е. А. Ходулина

Федеральное автономное учреждение
«Государственный научно-исследовательский институт
авиационных систем» Москва, Россия
(e-mail: eva-hod@yandex.ru)

Сравним работу трех алгоритмов (алгоритма Дейкстры, алгоритма A^* и двунаправленного алгоритма Дейкстры) в случае, когда маршрут существует. Будем сравнивать по двум показателям:

– отношение времени работы алгоритма к времени работы алгоритма Дейкстры;

– отношение количества просмотренных алгоритмом вершин к количеству просмотренных алгоритмом Дейкстры вершин.

Размеры карты: 1306×753 пкс.

Количество вершин в графе: $1306 \times 753 = 983\,418$ вершин.

На карте представлены 5 типов поверхности.

Скорости транспортных средств для этих типов поверхности:

- дорога: 80 км/ч;
- поле: 10 км/ч;
- лес: 10 км/ч;
- вода: 0 км/ч;
- здания: 0 км/ч.

Рассматривать будем на примере 10 различных маршрутов. Все 10 маршрутов существуют.

В таблице 1 представлены абсолютные значения времени работы алгоритма на тестовых маршрутах и количество посещенных вершин.

1. Абсолютные значения времени работы алгоритмов и количество посещенных алгоритмом вершин на тестовых маршрутах

№ маршрута	Время работы алгоритма, с			Количество посещенных вершин		
	Дейкстра	A^*	Двунапр. Дейкстра	Дейкстра	A^*	Двунапр. Дейкстра
0	125,79219	127,28428	60,45546	831 251	786 573	374 948
1	47,40971	28,83365	35,27402	274 951	170 312	218 555
2	13,53177	4,82528	5,00329	86 576	29 835	32 048
3	131,22251	107,59015	35,41403	843 607	686 263	226 191
4	40,98934	27,84159	5,56432	244 266	162 719	35 290
5	20,82219	15,67490	10,06858	130 973	91 640	59 794
6	100,08872	62,77159	58,98037	631 667	391 143	359 551
7	21,65824	10,90562	5,53532	138 436	70 524	35 236
8	80,99463	61,79953	19,94714	519 603	378 846	125 718
9	109,58827	78,95352	81,55366	670 970	484 237	497 546
Среднее значение	69,20976	52,64801	31,77962	437 230	325 209	196 488

В таблице 2 представлены значения времени работы алгоритма на разных маршрутах и количество посещенных вершин относительно соответствующих показателей алгоритма Дейкстры.

2. Значения показателей сравнения алгоритмов на тестовых маршрутах

№ маршрута	Отношение времени работы к времени работы алгоритма Дейкстры		Отношение количества посещенных вершин к количеству посещенных алгоритмом Дейкстры вершин	
	A^*	Двунапр. Дейкстра	A^*	Двунапр. Дейкстра
0	1,01186	0,48060	0,94625	0,45106
1	0,60818	0,74403	0,61943	0,79489
2	0,35659	0,36974	0,34461	0,37017
3	0,81991	0,26988	0,81349	0,26812
4	0,67924	0,13575	0,66615	0,14447
5	0,75280	0,48355	0,69969	0,45654
6	0,62716	0,58928	0,61922	0,56921
7	0,50353	0,25558	0,50943	0,25453
8	0,76301	0,24628	0,72911	0,24195
9	0,72046	0,74418	0,72170	0,74153

На рисунке 1 изображен пример работы всех 3 алгоритмов вместе с отрисованными посещенными вершинами на одном из маршрутов.

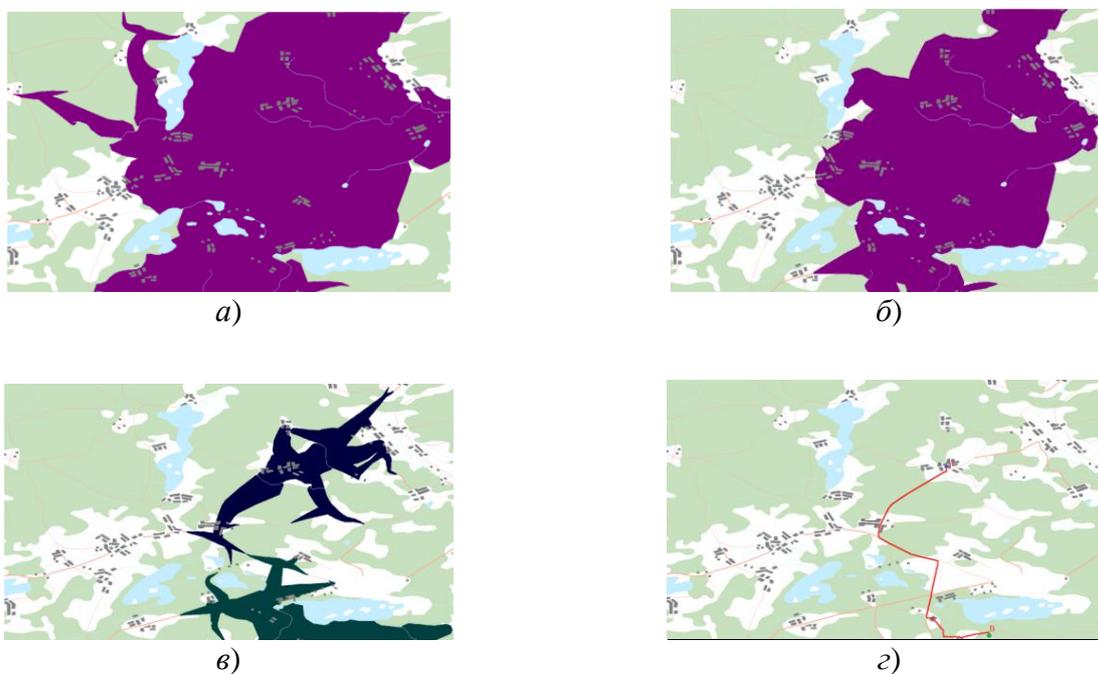


Рис. 1. Пример работы алгоритмов, когда маршрут существует:

a – просмотренные алгоритмом Дейкстры точки; $б$ – просмотренные алгоритмом A^* точки; $в$ – просмотренные двунаправленным алгоритмом Дейкстры точки; $з$ – маршрут

Наилучшие результаты для данного набора тестовых маршрутов показал двунаправленный алгоритм Дейкстры, наихудшие – классический алгоритм Дейкстры.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ГЕНЕРАТОРА С ВНЕШНИМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ

А. В. Стариков, А. С. Макаров

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: andrey2014starikov@yandex.ru; 89188566@mail.ru)

Для практического выбора наиболее выгодного режима необходимо представлять, как изменяются токи, напряжения и энергетические параметры ГВВ при изменении исходных параметров. Чаще всего в качестве критерия оптимизации режима ГВВ используют максимизацию одного из энергетических параметров.

Режим работы ГВВ, кроме угла отсечки, также зависит от питающих напряжений, от напряжения возбуждения U_B и от сопротивления нагрузки R_H . Зависимость от R_H основных энергетических параметров, таких как выходная мощность, КПД, коэффициент усиления мощности, видна в следующем выражении:

$$\eta_{\max} = \frac{P_{1\max}}{P_0} = \frac{0,51 \cdot I_{k1\max} \cdot U_{k\max}}{E_k \cdot I_{k0}}.$$

Если рассматривать типовой вариант расчета ГВВ с постоянным напряжением U_B ($\Theta = \text{const}$) и стабильными питающими напряжениями, то R_H является основным параметром оптимизации режима ГВВ. Зависимости параметров генератора от сопротивления нагрузки называют нагрузочными характеристиками ГВВ. Их можно построить с помощью динамических характеристик генератора. Нагрузочные характеристики для токов и напряжений приведены на рис. 1. [1]

Пунктирная линия отделяет недонапряженный от перенапряженного режима. В соответствии с динамическими характеристиками АЭ при увеличении R_H от нуля величины $I_{\text{ВЫХ}0}$ и $I_{\text{ВЫХ}1}$ сначала медленно уменьшаются, а затем, после наступления критического режима, крутизна их спада резко возрастает. Обратную картину изменения имеют величины $I_{\text{ВЫХ}0}$ и $I_{\text{ВЫХ}1}$ из-за перераспределения токов АЭ.

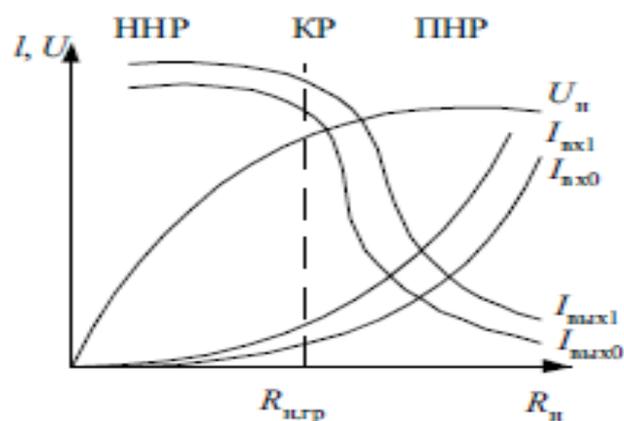


Рис. 1. Нагрузочные характеристики для токов и напряжений

Характер изменения U_n (быстрый рост в ННР и медленный в ПНР) объясняется ростом R_n и поведением $I_{\text{вых}1}$ в соответствии с выражением $U_n = I_{\text{вых}1} \cdot R_n$. Мощность первой гармоники $P_1 = 0,5 \cdot U_n \cdot I_{\text{вых}1}$, выделяемая в нагрузке, имеет максимум при $R_n = R_{n,гр}$, так как слева от этой точки поведение P_1 определяется в основном изменением U_n , а справа в основном резким падением $I_{\text{вых}1}$ при относительном постоянстве U_n . Ход кривой потребляемой мощности P_0 повторяет характер изменения $I_{\text{вх}0}$, так как $P_0 = E_k \cdot I_{\text{вх}0}$ и $E_k = \text{const}$. Графики зависимостей мощностей рассеяния на входном $P_0 = P_{\text{рас.вх}}$ и выходном $P_k = P_{\text{рас.вых}}$ электродах от R_n повторяют ход кривых $I_{\text{вх}0}$ и $I_{\text{вых}0}$. Коэффициент усиления мощности K_p достигает максимального значения в критическом режиме, а КПД η – в слабоперенапряженном режиме [2].

Таким образом, оптимальным режимом ГВВ по критериям максимума выходной полезной мощности P_1 и коэффициента усиления K_p является критический режим. Оптимальным режимом по критерию максимума η является слабоперенапряженный.

Библиографический список

1. Селиванова, З. М. Интеллектуальная информационно-измерительная система дистанционного контроля качественных параметров теплоизоляционных материалов в условиях воздействия дестабилизирующих факторов / З. М. Селиванова, Д. С. Куренков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2020. – Т. 26, № 1. – С. 6 – 19. – DOI : 10.17277/vestnik.2020.01.pp.006-019

2. Применение алгоритмов нечеткой логики в системе управления диаграммообразующим устройством гибридной зеркальной антенны / О. А. Белоусов, Е. В. Рязанов, А. С. Колмыкова, А. И. Дякин // Программные продукты и системы. – 2018. – № 4, Т. 31. – С. 757 – 762. – DOI : 10.15827/0236-235X.031

АЛГОРИТМ ФИЛЬТРАЦИИ ОЦЕНКИ АЗИМУТА С УЧЕТОМ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ВОЗДУШНОГО СУДНА

И. А. Некрылов, В. С. Аистов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: nekrylov.ilya@mail.ru; Aistov.volk-vovan@mail.ru;
20theilyarid01@gmail.com)

Современные алгоритмы фильтрации угловых координат, которые используются в ИИС УВД, предполагают использование моделей состояния ВС, которые имеют равномерное или равноускоренное движение. В этом случае оценка угловых координат (азимута) ВС имеет низкую точность. Для повышения точности азимута ВС предлагается использовать радиолокационную информацию кинематических и динамических параметров бортовых датчиков за счет использования наземной и бортовой дискретно-адресных систем передачи информации [1, 2].

С учетом информации о кинематических и динамических параметрах ВС, получена модель состояния и наблюдения азимутального канала ИИС УВД [2, 3]:

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_{\Gamma}(k+1) &= \varepsilon_{\Gamma}(k) + \omega_{\Gamma}(k)\tau + 0,5\varpi_{\Gamma}(k)\tau^2; \\ \omega_{\Gamma}(k+1) &= \omega_{\Gamma}(k) + \varpi_{\Gamma}(k)\tau; \\ \varpi_{\Gamma}(k+1) &= (g(n_x(k)\cos(\theta(k))\cos(\varphi(k)) - \cos(\varphi(k))\sin(\theta(k)))(n_y\cos(\gamma_a(k)) - \\ &\quad - n_z(k)\sin(\gamma_a(k))) + \sin(\varphi(k))(n_y\sin(\gamma_a(k)) + \\ &\quad + n_z(k)\cos(\gamma_a(k))))/(D(k)\cos\varepsilon_B(k)) + \xi_{\varpi_{\Gamma}}(k). \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\varepsilon_{\Gamma И}(k+1) = \varepsilon_{\Gamma}(k=1) + \xi_{\varepsilon_{\Gamma И}}((k+1)). \quad (2)$$

С учетом обобщенного алгоритма фильтрации Калмана и используя модели состояния (1) и наблюдения (2), получим алгоритм фильтрации азимутального канала [1, 4, 5]:

$$\varepsilon_{\Gamma_0}(k+1) = \varepsilon_{\Gamma_0}(k) + K_{\varepsilon\Gamma_1}(k+1)\Delta\varepsilon_2(k+1); \quad (3)$$

$$\omega_{\Gamma_0}(k+1) = \omega_{\Gamma_0}(k) + K_{\varepsilon\Gamma_2}(k+1)\Delta\omega_{\Gamma}(k+1); \quad (4)$$

$$\varpi_{\Gamma_0}(k+1) = \varpi_{\Gamma_0}(k) + K_{\varepsilon\Gamma_3}(k+1)\Delta\varepsilon_{\Gamma}(k+1); \quad (5)$$

$$\varepsilon_{\Gamma_0}(k+1) = \varepsilon_{\Gamma_0}(k) + \omega_{\Gamma_0}(k)\tau + 0,5\varpi_{\Gamma_0}(k)\tau^2; \quad (6)$$

$$\omega_{\Gamma_0}(k+1) = \omega_{\Gamma_0}(k) + \varpi_{\Gamma_0}(k)\tau; \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \varpi_{\Gamma_0}(k+1) = & (g(n_{x_0}(k)\cos(\theta_0(k))\cos(\varphi_0(k)) - \\ & - \cos(\varphi_0(k))\sin(\theta_0(k)))(n_{y_0}(k)\cos(\gamma_a(k)) - \\ & - n_{z_0}(k)\sin(\gamma_{a_0}(k))) + \sin(\varphi_0(k))(n_{y_0}\sin(\gamma_{a_0}(k)) + \\ & + n_{z_0}(k)\cos(\gamma_{a_0}(k))))/(D_0(k)\cos\varepsilon_{B_0}(k)); \end{aligned} \quad (8)$$

$$\Delta\varepsilon_{\Gamma}(k+1) = \varepsilon_{\Gamma_0}(k+1) - \varepsilon_{\Gamma_0}(k). \quad (9)$$

Алгоритм (3) – (9) функционирования угломерного канала по оценке угловых координат ВС, учитывающий изменение ускорения азимута ВС на основе его динамических и кинематических параметров, позволяет получить высокие точностные характеристики по сравнению с другими алгоритмами функционирования угломерного канала, где не учитываются динамические и кинематические параметры ВС.

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. Алгоритм дальномерного канала с учетом информации бортовых датчиков воздушных судов / Ю. Н. Панасюк, С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, И. В. Князев // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 60 – 63.

4. 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.

5. Kurnosov, R. Yu. Improving Metrological Reliability of Information-Measuring Systems Using Mathematical Modeling of Their Metrological Characteristics / R. Yu. Kurnosov, T. I. Chernyshova, V. N. Chernyshov // Journal of Physics: Conference Series – International Conference on Information Technologiess in Business and Industry. – 22 May 2018. – V. 1015, Is. 3.

ОЦЕНИВАНИЕ ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СОПЛА 3D-ПРИНТЕРА

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

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: sashashitov70@gmail.com; dimkashpil@gmail.com;
beglyaminov.1.1.1@mail.ru)

На вход контроллера позиционирования сопла 3D-принтера поступает управляющий сигнал, который обрабатывается электромеханической системой. В бюджетных вариантах принтеров используется разомкнутая система управления, недостатком которой является отсутствие обратной связи. В то же время сформировать этот сигнал можно программным путем, но при наличии координатного датчика. Пусть на вход поступает сигнал управления, а координатный датчик создает сигнал обратной связи. Для бюджетного исполнения принтера используют недорогой датчик. Его сигнал не точен и может содержать два вида ошибок: случайную составляющую в виде нормального процесса с нулевым математическим ожиданием и коррелированную составляющую, обусловленную неточностью датчика. Существенного улучшения оценок можно достичь на основе применения методов марковской теории оценивания случайных процессов, путем синтеза алгоритмов вторичной обработки информации [1 – 3]. В настоящее время в алгоритмах фильтрации часто используется модель, основанная на предположении, что движение является прямолинейным с постоянной скоростью. Модель перемещения сопла может быть представлена в матричной форме следующим образом:

$$x(k) = \Phi(k/k-1) \cdot x(k-1) + \xi(k-1).$$

Модель наблюдения имеет вид:

$$z(k) = H(k-1) \cdot x(k-1) + \eta(k-1); (k = 0, 1, \dots),$$

где $x(k-1)$ – m -мерный вектор фазовых координат; $\Phi(k/k-1)$ – переходная матрица состояния; $z(k)$ – n -мерный вектор наблюдений; $H(k-1)$ – матрица наблюдения; $\xi(k-1), \eta(k-1)$ – последовательности статистически независимых между собой и во времени случайных величин с гауссовскими плотностями распределения вероятности [4].

Оценки координат и параметров на выходе первого канала фильтра равны:

$$\hat{x}(k) = \Phi(k/k-1)\hat{x}(k-1) + K(k-1) \cdot v(k),$$

где $v(k)$ – невязка фильтра на k -м шаге.

На рисунке 1 показан входной и выходной сигнал датчика.

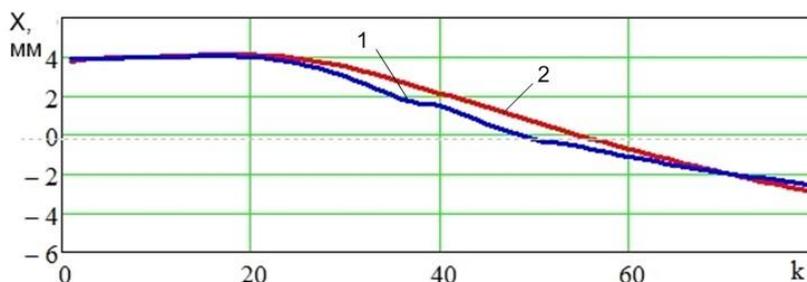


Рис. 1. Сигнал датчика и его оценка в мм:
1 – сигнал датчика; 2 – оценка

Вывод. Моделирование показало, что при невысоких значениях величины шума фильтр вполне удовлетворительно выполняет свои функции. Но применение недорогих неточных первичных измерителей накладывает некоторые ограничения на применение подобных датчиков в следящих системах.

Библиографический список

1. Panasyuk, Yu. N. Synthesis of an Algorithm for Angle Measurement Channel of the Information-Measuring System of a Maneuvering Aircraft Given its Dynamic and Kinematic Characteristics / Yu. N. Panasyuk, A. P. Pudovkin, S. N. Danilov // 1st International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA. – 2019. – P. 73 – 76.
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. 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. – 2020. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112, pp. 1.

4. Чернышова, Т. И. Информационная технология оценки метрологической надежности информационно-измерительных систем с учетом влияния внешних факторов / Т. И. Чернышова, М. А. Каменская // Материалы VI Международной НТК студентов, молодых ученых и специалистов. – 2019. – С. 172–173.

ПИД-РЕГУЛЯТОР ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СОПЛА 3D-ПРИНТЕРА

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

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: sashashitov70@gmail.com; dimkashpil@gmail.com;

beglyaminov.1.1.1@mail.ru)

В ПИД-контроллере каждое из звеньев (пропорциональное, интегральное, дифференциальное) выполняет свою задачу и оказывает свое воздействие на объект управления (ОУ).

В обычном ПИД-контроллере эти элементы создают смесь управляющих параметров и сигналов обратной связи. В результате формируется управляющий сигнал (рис. 1). В рассматриваемом варианте дифференциальный элемент создает сигнал дополнительной отрицательной обратной связи (ООС) от ОУ. На вход пропорциональному и интегральному звеньям подается разностный сигнал, получаемый из входного сигнала управления и сигнала внешней ООС. Схем включения звеньев существует несколько и выбирают их в зависимости от особенностей ОУ и задачи управления.

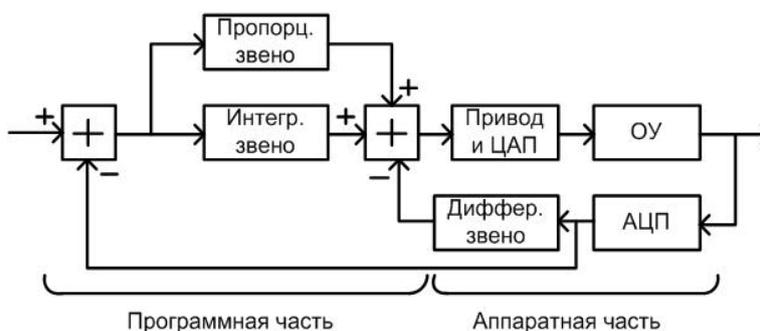


Рис. 1. Простая система управления с ПИД-контроллером

В качестве ОУ была рассматривалась бесконтактная система точного позиционирования сопла принтера.

Такие системы могут применяться в механизмах стабилизации, там, где нужно, с высокой точностью перемещать элемент устройства.

Программное обеспечение управляет подачей тока на электромеханический привод, который перемещает сопло. Обратную связь по положению обеспечивает бесконтактный датчик. Уравнения, описывающие движение такой системы, достаточно просты.

Для проверки работы такой системы управления была создана модель, работающая в двух режимах: релейного управления и ПИД. Моделирование показало значительно лучшее качество ПИД-управления, несмотря на то, что настройку регулятора (подбор коэффициентов усиления пропорционального, интегрирующего и дифференциального звеньев) не оптимизировали, а просто быстро подобрали вручную.

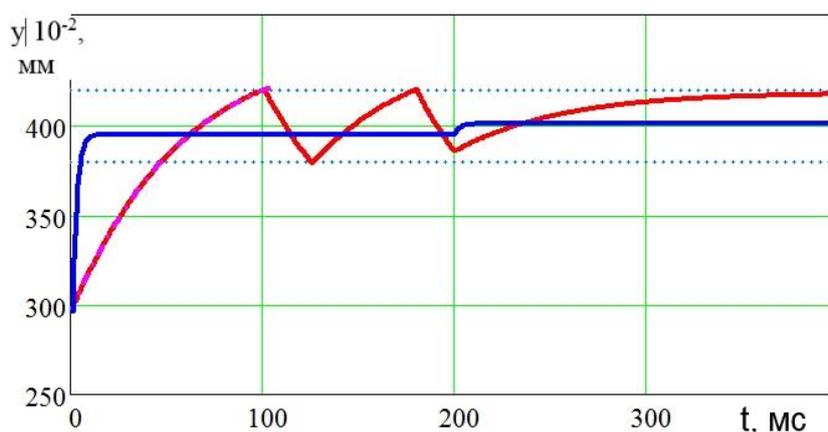


Рис. 2. График отработки заданной позиции сопла:
синяя кривая – ПИД-регулятор; красная – релейное управление

Из рисунка 2 видно, скорость перемещения в сопла в заданное положение для ПИД-регулятора значительно меньше и происходит практически без пере-регулирования, стабильность положения высокая. Отработка внешнего дестабилизирующего воздействия (удар на 200-й мс) происходит быстро.

Библиографический список

1. Panasyuk, Yu. N. Synthesis of an Algorithm for Angle Measurement Channel of the Information-Measuring System of a Maneuvering Aircraft Given its Dynamic and Kinematic Characteristics / Yu. N. Panasyuk, A. P. Pudovkin, S. N. Danilov // 1st International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA. – 2019. – P. 73 – 76.

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. 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. – 2020. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112, pp. 1.

4. Чернышова, Т. И. Информационная технология оценки метрологической надежности информационно-измерительных систем с учетом влияния внешних факторов / Т. И. Чернышова, М. А. Каменская // Материалы VI Международной НТК студентов, молодых ученых и специалистов. – 2019. – С. 172–173.

КРАТКИЙ ОБЗОР ДАТЧИКОВ СЛЕЖЕНИЯ ЗА ВОЗДУШНЫМИ МАЛОРАЗМЕРНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Ю. Р. Азима

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

Инфракрасные камеры. Такие датчики хорошо «видят» в ночное время суток, в условиях дождя, снега, тумана, смога. Имеют высокую дальность действия – до 500 м и более даже в условиях ночного освещения. Но для эффективного наблюдения в любых условиях требуется применение камер видимого или близкого к инфракрасному свету, а также камер, которые используют длинноволновые излучения нагретых объектов. Инфракрасная область электромагнитного спектра на границе видимого диапазона красного света включает три поддиапазона:

- NIR – примыкающий к видимому свету с длинами волн в диапазоне 0,7...1,3 мкм;
- MIR с длинами волн в диапазоне 1,3...5,0 мкм;
- FIR – наибольшая часть инфракрасного спектра с длинами волн в диапазоне 3...30 мкм.

Следует учитывать, что FIR излучается объектом, а NIR и MIR отражаются от объекта. В результате охлаждения детекторов удается повысить чувствительность. Такие камеры могут видеть с угловым разрешением от $0,1^\circ$ на дальности до 3000 м.

Радары. Радарные системы миллиметрового диапазона, работающие в диапазоне 76...77 ГГц, позволяют обнаруживать объекты и определять расстояния в диапазоне 1...150 м с разрешением в 1 м, относительную скорость и угол азимута.

Важнейшим преимуществом радаров является нечувствительность к погодным условиям. Очень низкий уровень ослабления электромагнитных волн в атмосфере позволяет «видеть» сквозь облака, туман, осадки.

Для того чтобы генерировать высокочастотный сигнал, в таких радарх часто используется генератор на диоде Ганна. 77-гигагерцовый радар Denso (рис. 1) может определять препятствия в горизонтальной плоскости с углом в 20° и точностью в $0,5^\circ$. Диапазон оценки относительной скорости составляет ± 200 км/ч, расстояния – более 150 м. Возможно применение комбинации радаров с видеокамерами. Компания «Delphi» разработала многофункциональный радар дальнего действия, работающий на частоте 77 ГГц, для детектирования и классификации объектов в диапазоне до 150 м.

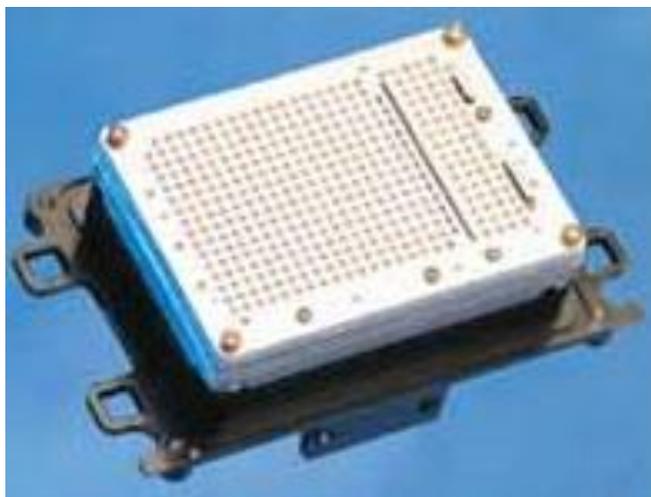


Рис. 1. Радарный датчик

Лидары. Лидар – датчик, полностью аналогичный радару, за исключением того, что вместо радиоволн применяется инфракрасный лазерный луч. Лидары характеризуются дальностью (150...200 м), широкой областью обзора, высокой точностью (1%), разрешением (0,1 м), значительной устойчивостью к условиям освещения. Оптоэлектронный измеритель Light Detecting And Ranging (LIDAR) использует для сканирования короткий инфракрасный

импульс (ИК), передаваемый 16 лучами. ИК-лазеры используют мощности от нескольких милливатт до нескольких сотен ватт. Типичная импульсная мощность 10...25 Вт. Лазерные лидары, как и радары, могут быть моностатическими и бистатическими.



Рис. 2. Лидарный датчик

Лидарный датчик Denso (рис. 2) с вращающимся многоугольным зеркалом сканирования может оценивать положение объекта и его азимут. Горизонтальный угол сканирования $\pm 18^\circ$. Время измерений – 0,5 нс. Диапазон детектирования с ошибкой только в несколько сантиметров составляет порядка 100 м.

Вывод. Обзор, представленный в докладе, показывает, что имеется определенный выбор датчиков слежения за воздушными малоразмерными объектами.

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. – 2020. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112, pp. 1.

ОСОБЕННОСТИ СЛЕЖЕНИЯ ЗА МАНЕВРЕННЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ С МАЛОЙ ЭФФЕКТИВНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ОТРАЖЕНИЯ

Ю. Р. Азима

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

Наиболее сложными объектами обнаружения, для современных средств контроля воздушного пространства, являются малогабаритные маневренные летательные аппараты (ЛА). Эффективность их обнаружения особенно низка: при использовании высокоманевренных или «рванных» (с периодическим зависанием или резким снижением скорости) режимов полета; при использовании в конструкции таких ЛА непроводящих материалов, что значительно снижает величину эффективной поверхности отражения (ЭПО); при собственных излучениях аппаратуры ЛА, относящейся к диапазону длин волн в несколько дециметров и больше.

Расчетные дальности обнаружения малоразмерных ЛА с помощью наземных радиолокационных станций (РЛС) приведены в табл. 1.

1. Расчетные дальности обнаружения ЛА

Диапазон	Дальность обнаружения, км	
	ЭПО = 0,01 м ²	ЭПО = 0,1 м ²
Метровый	0,1...1,5	8...14
Дециметровый	0,8...2,0	9...16
Сантиметровый	1,4...2,8	12...25

Фактические же дальности обнаружения при полигонных испытаниях для ЛА с ЭПО 0,01 м² приближаются к нулевым значениям. Таким образом, задача слежения и идентификации малоразмерных маневренных ЛА с малыми ЭПО является до сих пор не решенной. Анализ литературы показывает, что перспективные РЛС смогут обнаруживать такие цели на дальностях, не превышающих 3...8 км на высотах полета 100...300 м, и на дальностях 10...20 км на высотах до 1000 м. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) могут быть обнаружены как путем приема и анализа радиосигналов управления, так и бортового радиоэлектронного оборудования.

Недостатком этого подхода является то, что таким образом можно установить лишь направление на БПЛА с некоторой точностью, а дальность и высоту с большими погрешностями. При этом дальности обнаружения могут иметь значения от 4 до 50 км при активно работающих бортовых излучателях. Однако на практике эти значения будут еще ниже.

Средства видимого и теплового диапазона представляют собой достаточно надежное средство обнаружения малоразмерных ЛА, но их эффективность существенно зависит от метеофакторов. Однако при поступлении целеуказаний, например, от РЛС, эти средства могут быть эффективно использованы. Средняя дальность визуального обнаружения ЛА имеющимися средствами составляет в среднем 100...700 м. Но опыт испытаний показал, что при высотах полета ЛА 300...1000 м их визуальное обнаружение крайне затруднено.

Вывод. Вышеописанные средства должны использоваться комплексно, дополняя друг друга. Состав комплекса должен изменяться в зависимости от типа ЛА, характеристик его заметности в оптическом, инфракрасном, радиолокационном диапазоне. Система оценивания координат и параметров движения должна быть способна обеспечивать надежное сопровождение в условиях резкого маневра объекта слежения.

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. – 2020. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112, pp. 1.

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. Иванов, А. В. Синтез алгоритмов обработки информации в радиоэлектронных комплексах : учебное пособие / А. В. Иванов, С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 80 с.

5. Данилов, С. Н. Цифровое телевидение стандарта DVB-T2 (zip-файл) [Электронный ресурс, мультимедиа] : учебное пособие / С. Н. Данилов, С. П. Москвитин, Ю. Н. Панасюк. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017.

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ И УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ ДАЛЬНОСТИ ДО ВОЗДУШНОГО СУДНА С ТРЕТИЧНОЙ ОБРАБОТКОЙ ИНФОРМАЦИИ С ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТЬЮ

А. И. Сустин, А. П. Пудовкин

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

Согласно плану развития гражданской авиации на 2013 – 2028 гг., разработанному и утвержденному Международной организацией гражданской авиации [1], а также согласно федеральным авиационным правилам т. 2 ч. 170 [2], информационно-измерительные и управляющие системы (ИИУС), выполняющие задачи сопровождения воздушных судов (ВС) в районе аэродрома, должны обеспечивать поддержку третичной обработки информации (ТОИ). Однако, проведя анализ используемых ИИУС с применением ТОИ для оценки координат движения ВС, можно сделать вывод о том, что используемые методы ТОИ в ИИУС не способны обеспечить требуемую точность оценки координат движения ВС (дальность, азимут, угол места), поскольку используют параметры движения ВС, которые не изменяются в процессе отслеживания маневрирующего ВС. Именно поэтому для повышения точности оценки координат движения ВС необходимо использовать ТОИ с методом, использующим изменяющихся в процессе маневрирования ВС параметров движения [3].

В качестве такого метода предлагается использовать разработанный метод динамической весовой обработки радиолокационной информации о координатах движения ВС (на примере дальности), учитывающий при ТОИ изменения невязки дальности до ВС, полученные в результате вторичной обработки информации в каждой из радиолокационных станций (РЛС) системы [4]. Поскольку в предложенном методе весовой обработки используются значения невязки дальности, которые вычисляются на каждом шаге измерения при вторичной информации в РЛС и используются в формировании весовых коэффициентов в диспетчерском пункте системы, весовые коэффициенты будут изменяться на каждом шаге измерения дальности. Это позволит повысить точность весовой третичной оценки дальности. Структура ИИУС с применением третичной обработки информации методом динамической весовой обработки дальности представлена на рис. 1. Отличительными особенностями представленной ИИУС от существующих является наличие измерителей невязки дальности в калмановских фильтрах оценки дальности РЛС1 и РЛС2 системы, а также вы-

числитель весовых коэффициентов дальности в диспетчерском пункте системы, куда поступает информация о невязках дальности и где проводится вычисление весовых коэффициентов дальности, поступающих в фильтр оценки дальности с применением ТОИ [3, 4].

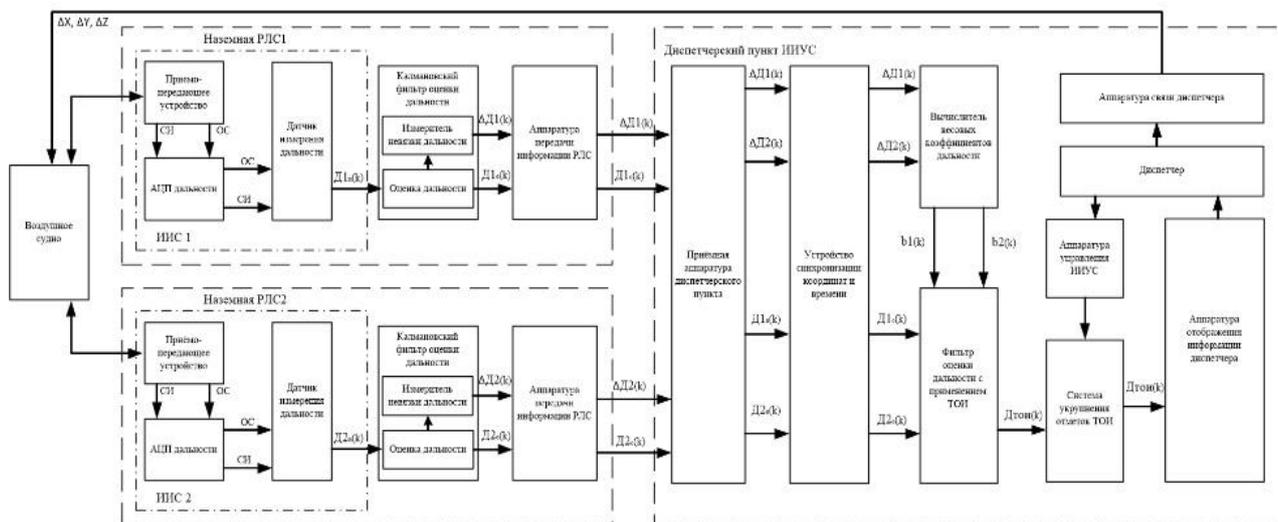


Рис. 1. Структура информационно-измерительной и управляющей системы с применением динамической весовой третичной обработки информации для оценки дальности

Оценка реальных точностных характеристик алгоритма ТОИ для представленной ИИУС проводится с применением критерия минимума среднеквадратичной погрешности (СКП) дальности на основании компьютерного моделирования движения ВС по траектории маневра «Большая коробочка» относительно двух РЛС и диспетчерского пункта. Траектория маневрирования ВС относительно РЛС системы представлена на рис. 2 [3].

Сравнение значений СКП дальности, полученных в результате ТОИ с использованием представленного метода динамической весовой обработки и существующего метода ТОИ с применением априорных весовых коэффициентов [3, 5], представлено на рис. 3.

По результатам моделирования и сравнения значений СКП для ИИУС с ТОИ разработанным методом (красная линия) и используемым методом весовой обработки (синяя линия) можно сделать вывод об уменьшении значений СКП при использовании в ИИУС разработанного метода динамической весовой ТОИ до 60%, что хорошо наблюдается на временных промежутках 260...370 с и 770...852 с [4, 5]. Уменьшение значений СКП при использовании предложенного метода ТОИ говорит о повышении реальных точностных характеристик оценки дальности до маневрирующего ВС.

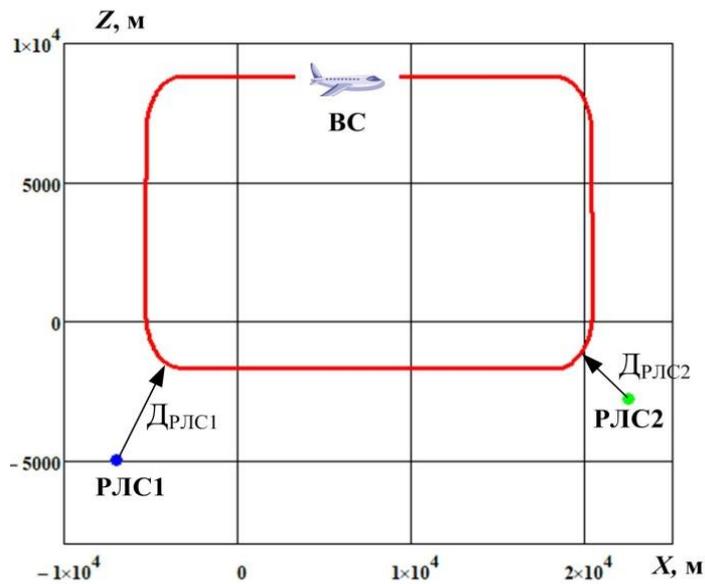


Рис. 2. Траектория движения ВС по маневру «Большая коробочка» относительно РЛС1- и РЛС2-системы

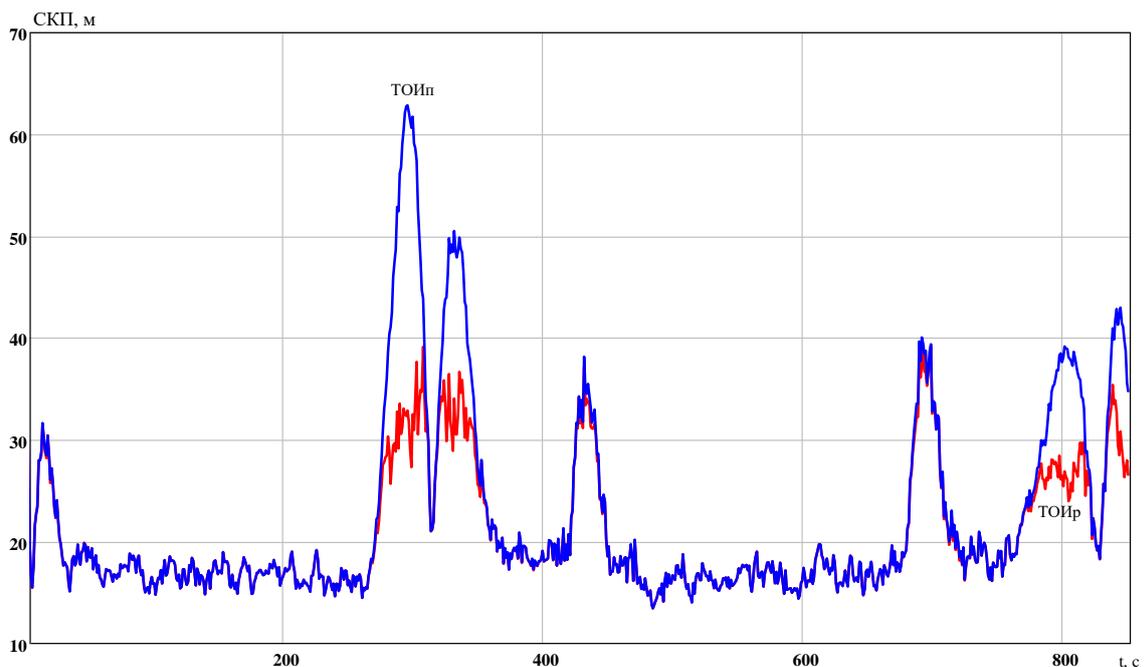


Рис. 3. Изменение значения СКП дальности в процессе маневрирования ВС при оценке дальности ИИУС с ТОИ

На основании оценки реальных точностных характеристик, а также эффективности алгоритма ТОИ с применением предложенного метода динамической весовой ТОИ можно сделать вывод о повышении точности оценивания координат движения ВС при использовании ИИУС с динамической весовой ТОИ до 60% по сравнению с использованием существующих методов весовой ТОИ в ИИУС и до 75% по сравнению с использованием алгоритмов вторичной

обработки информации в ИИУС [4, 6]. Применение в ИИУС ТОИ с использованием метода динамической весовой обработки при оценке координат движения маневрирующего ВС способствует повышению пропускной способности системы при сохранении требуемого уровня безопасности воздушного движения.

Библиографический список

1. Глобальный аэронавигационный план на 2013 – 2028 гг. Международная организация гражданской авиации. – Монреаль, 2013. – 147 с.

2. О введении в действие Авиационных правил. Ч. 170 «Сертификация оборудования аэродромов и воздушных трасс. Т. II. Сертификационные требования к оборудованию аэродромов и воздушных трасс» : приказ Министерства транспорта РФ от 25.01.2016 г. № 12. Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. Сустин, А. И. Синтез дальномерного канала повышенной точности информационно-измерительной и управляющей системы с применением третичной обработки информации / А. И. Сустин, А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк // Южно-Сибирский научный вестник. – 2024. – № 2. – С. 91 – 97.

4. Пат. № 2780803 С1 Российская Федерация, МПК G01S 13/70, G01S 13/87. Способ оценки дальности до маневрирующего воздушного судна информационно-измерительной системой управления воздушным движением с применением третичной обработки информации / Пудовкин А. П., Панасюк Ю. Н., Сустин А. И. ; № 2021132513 ; заявл. 09.11.2021 ; опубл. 04.10.2022 ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет».

5. Algorithm Synthesis for Tertiary Information Processing of Distance Measuring Channel in Information and Measurement System of Air Traffic Control / A. P. Pudovkin, Yu. N. Panasyuk, A. I. Sustin et all. // Journal of Physics: Conference Series : IV International Scientific and Technical Conference “Mechanical Science and Technology Update”, MSTU. – 2020.

6. Сустин, А. И. Перспективы развития информационно-измерительной системы для управления воздушным движением с третичной обработкой информации / А. И. Сустин, А. П. Пудовкин // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : сб. тр. Восьмой Всерос. молодеж. науч. конф., Тамбов, 10 мая 2023 года. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, 2023. – С. 133 – 135.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИЗМЕРИТЕЛЯ ДАЛЬНОСТИ СО СЛУЧАЙНОЙ СТРУКТУРОЙ СИСТЕМ

Д. Р. Антоничев, Ю. Н. Панасюк

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

Для разработки математической модели измерителя дальности со случайной структурой систем сопровождения воздушных судов (ВС) используем двумерную и трехмерную модели состояния [1, 2]:

$$\left. \begin{aligned} D_1(k) &= D_1(k-1) + V_1(k-1)T; \\ V_1(k) &= (1 - \alpha_{\phi_1}T)V_1(k-1) + \xi_v(k-1) \end{aligned} \right\}; \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} D_2(k) &= D_2(k-1) + V_2(k-1)T + 0,5a_2(k-1)T^2; \\ V_2(k) &= V_2(k-1) + a_2(k-1)T; \\ a_2(k) &= (1 - \alpha_{\phi_2}T)a_2(k-1) + \xi_a(k-1) \end{aligned} \right\}. \quad (2)$$

Модель наблюдения измерителя дальности

$$D_{и}(k) = D(k-1) + \xi_{Д}(k-1)T, \quad (3)$$

где $\xi_{Д}$ – шумы измерения; $D_{и}$ – измеренное значение дальности.

Модель системы со случайной структурой для совместной оценки дальности ВС при использовании двух моделей

$$D_o(k) = \sum_{m=1}^2 W_m(k-1)D_{o_m}(k-1), \quad (4)$$

где W_m – весовые коэффициенты оценок фильтрации 1 и 2 фильтров.

Используя модели состояния (1) и (2), модель наблюдения (3), модель системы со случайной структурой (4) и учитывая выражения калмановской фильтрации [3], получен алгоритм измерителя дальности со случайной структурой:

$$\left. \begin{aligned} D_{o_1}(k+1) &= D_{o_1}(k) + K_{y11}\Delta D(k+1); \\ V_{o_1}(k+1) &= V_{o_1}(k) + K_{y12}\Delta D(k+1); \\ D_{o_1}(k+1) &= D_{o_1}(k) + V_{o_1}(k)T; \\ V_{o_1}(k+1) &= (1 - \alpha_{\phi_1}T)V_{o_1}(k) \end{aligned} \right\}; \quad (5)$$

$$\left. \begin{aligned} D_{o2}(k+1) &= D_{\text{э}2}(k+1) + K_{y11}\Delta D(k+1); \\ V_{o2}(k+1) &= V_{\text{э}2}(k+1) + K_{y12}\Delta D(k+1); \\ a_{o2}(k+1) &= a_{\text{э}2}(k+1) + K_{y13}\Delta D(k+1); \\ D_{\text{э}2}(k+1) &= D_{o2}(k) + V_{o2}(k) + 0,5a_2(k+1)T^2; \\ V_{\text{э}2}(k+1) &= V_{o2}(k) + a_{o2}(k)T; \\ a_{\text{э}2}(k+1) &= (1 - \alpha_{\phi_1}T)a_{o2}(k) \end{aligned} \right\}; \quad (6)$$

$$\Delta D(k+1) = D_{\text{и}}(k+1) - D_{\text{э}}(k+1); \quad (7)$$

$$D_o(k+1) = \sum_{m=1}^2 W_m(k+1)D_{o_m}(k+1). \quad (8)$$

Проведено имитационное моделирование по алгоритму (5) – (8).

Результаты моделирования представлены на рис. 1, где показана зависимость среднеквадратического отклонения (СКО) дальности от времени: 1 – в дальномерном канале использовалась модель состояния (1); 2 – в дальномерном канале использовалась модель состояния (2); 3 – в дальномерном канале использовался алгоритм совместной обработки двух фильтров (4).

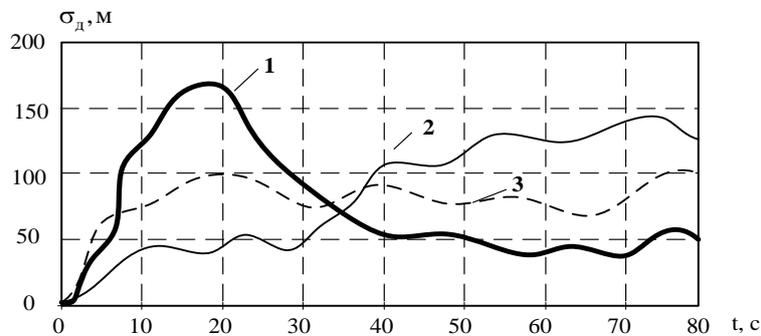


Рис. 1. Зависимости СКО дальности от времени

Таким образом, на примере маневра «большая коробочка» можно сделать вывод, что использование двух фильтров измерителя дальности со случайной структурой позволяет повысить точность оценки дальности до ВС.

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. 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. 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.

МОДЕЛЬ ЛИНИИ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ МОДУЛЯЦИИ OFDM

А. С. Кожевников

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: cojevnikov@2015yandex.ru)

Модуляция OFDM стала активно применяться благодаря бурному развитию информационных технологий и востребованности в одновременной передаче огромных объемов данных. Эта модуляция обеспечивает передачу информации методом разбития общего потока передаваемых сообщений на несколько потоков на ортогональных несущих частотах.

На рисунке 1 представлен фрагмент листинга программы, который, как раз, и представляет собой передачу данных. Однако при этом сигнал подвергается воздействию шумов и может быть искажен.

Одним из таких дестабилизирующих сигнал шумов может быть белый гауссовский шум и узкополосные шумы. Кроме того, шум может создавать и сам сигнал: отразившись от объектов окружающей среды, он может наложиться сам на себя и тем самым создать помеху.

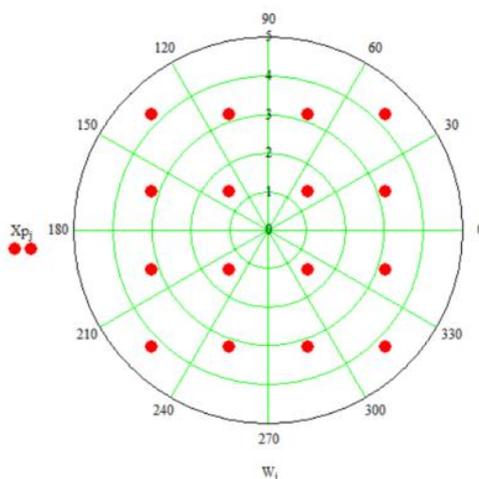


Рис. 1. Фрагмент листинга программы. Фазовое созвездие

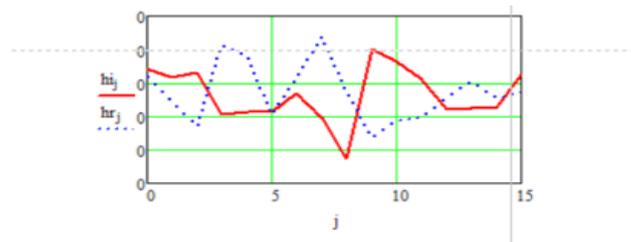


Рис. 2. Фрагмент листинга программы. Шум

```

t2 := Re(Sre)      f2 := Im(Sre)

f2j := -ln(1/(t2j + 0.5) - 1)    f2j := -ln(1/(f2j + 0.5) - 1)

Sred := t2 + f2 i

Sd := CFFT(Sred)

DXj := Sd_j - Xj      DXsj := sqrt(Re(DXj)^2 + Im(DXj)^2)

```

Рис. 3. Фрагмент листинга программы. Принятый сигнал

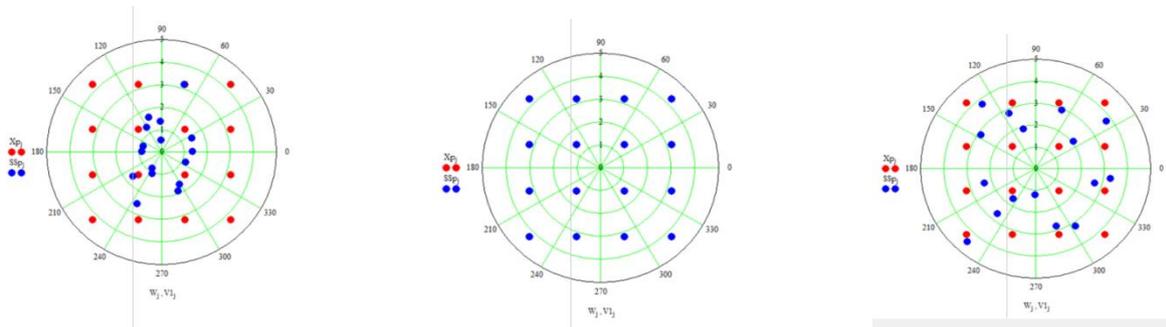


Рис. 4. Фрагмент листинга программы.

Фазовое созвездие переданного и принятого сообщений

Принятый сигнал необходимо разжать до начального состояния. Для этого, используя прямое преобразование Фурье и функции MathaCad, проводится преобразование.

На рисунке 4 мы видим, что из-за различных по величине ошибок координаты передаваемого и принимаемого сигналов разные.

На основании всего вышесказанного можно сделать вывод, что данная модуляция является устойчивой к воздействию на нее помех, а также является достаточно простой и эффективной благодаря одновременной передаче огромного объема данных при малых энергетических затратах. Таким образом модуляция OFDMA на сегодняшний день является лучшим решением по одновременной передаче большого количества информации.

Библиографический список

1. 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. – 2020. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112, pp. 1.

2. Panasyuk, Yu. N. Synthesis of an Algorithm for Angle Measurement Channel of the Information-Measuring System of a Maneuvering Aircraft Given its Dynamic and Kinematic Characteristics / Yu. N. Panasyuk, A. P. Pudovkin, S. N. Danilov // 1st International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA. – 2019. – P. 73 – 76.

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. 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. – 2020. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112, pp. 1.

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ РАЗБОРЧИВОСТИ РЕЧИ В СИСТЕМАХ АНАЛОГОВОЙ РАДИОСВЯЗИ

Д. О. Сычев, И. В. Зайцев, А. С. Колмыкова

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил

«Военно-воздушная академия

имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия

(e-mail: dmitry342010@yandex.ru; anastasiya25tmb@gmail.com)

На основе моделирования алгоритма инструментального расчета формантной разборчивости возможна реализация автоматического измерения качества передачи речевой информации при оценке эффективности решений в средствах радиосвязи. В основе метода, предложенного в [1], лежит оценка спектрального уровня речевого сигнала и помехи в полосах равной артикуляционной разборчивости принятого сигнала. Для его реализации на приемном оборудовании необходимо располагать опорным тестовым сигналом, с которым происходит сравнение передаваемого сигнала, подверженного влиянию непредна-

меренных и преднамеренных помех, в общем случае, имеющих не аддитивный характер воздействия. Однако такой алгоритм требует записи временных отсчетов входного и выходного сигнала исследуемого радиоприемного средства, что на практике приводит к тому, что при любом изменении его параметров требуется длительное время на получение записей и их анализ.

Разработанная модель позволяет проводить измерения разборчивости речи в реальном масштабе времени по выборкам длиной в 2–3 слова или 6 – 8 слогов (рис. 1).

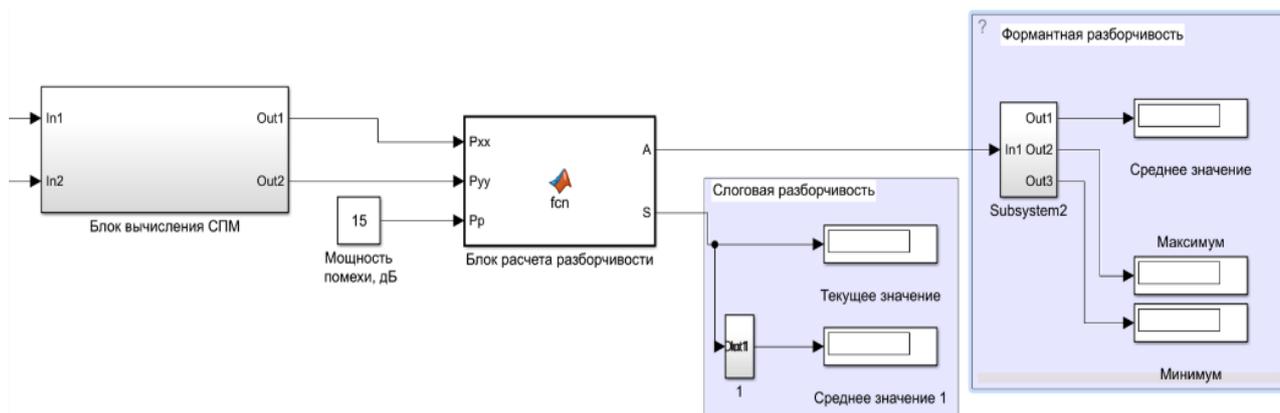


Рис. 1. Структурная схема модели разборчивости речи

Основу модели составляют блок вычисления спектральной плотности мощности и блок расчета разборчивости. В блоке вычисления спектральной плотности мощности (СПМ) реализован расчет СПМ по методу Уэлча стандартным блоком «Spectrum Estimator». Для получения сглаженных оценок СПМ процессов в качестве весового окна используется функция Хемминга.

Блок расчета разборчивости реализует расчет формантной и слоговой разборчивости речи по алгоритму: на вход блока поступают отсчеты СПМ, рассчитанные в предыдущем блоке, так же, учитывая разные аппроксимирующие функции алгоритма расчета разборчивости для различных уровней помехового сигнала, на входе блока указывается уровень помехи в дБ. После выбора аппроксимирующей функции определяется число действующих артикуляционных полос в зависимости от максимальной частоты речи в сигнале.

Вычисление уровня ощущения в полосе равной артикуляционной разборчивости происходит путем фильтрации СПМ в полосе, которая шире артикуляционного окна на величину, зависящую от частоты дискретизации и количества отсчетов быстрого преобразования Фурье, которое применялось в блоке оценки СПМ. Затем уровень ощущений в полосе равной артикуляционной разборчивости переводится в значение формантной разборчивости с помощью экспериментальных зависимостей для различных значений суммарного уровня помехи.

Для верификации полученных результатов проводилось сравнение получаемых значений разборчивости с определенными – субъективно. Субъективные оценки словесной разборчивости проводились нетренированной группой из 10 человек, при этом на аудиовход модели подавались записанные артикуляционные таблицы слов, составленные Н. Б. Покровским [2]. Оценки формантной разборчивости при переводе их в словесную с небольшой погрешностью совпадают с субъективными оценками воспроизводимых аудиофайлов с выхода модели.

Важной причиной создания модели являлась острая необходимость сокращения временных затрат на проведение исследований, применяемых в радиоэлектронных системах инженерных и программных решений. Применение разработанного модуля возможно не только при разработке радиоэлектронных систем, но и при исследовании воздействия различных видов естественных или преднамеренных помех при приеме радиосигналов, замираний, искажений из-за многолучевого распространения и т.д.

Библиографический список

1. Бабусенко, С. И. Оценка разборчивости речевых сообщений на фоне сосредоточенных помех / С. И. Бабусенко, Ю. А. Бондарцов // Проектирование научных и инженерных приложений в среде MATLAB : сб. тр. Всерос. науч. конф. – М. : ИПУ РАН, 2002.
2. Покровский, Н. Б. Расчет и измерение разборчивости речи / Н. Б. Покровский. – М. : Связьиздат, 1962.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ

П. Д. Евстафьев

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail pavel-ev111@yandex.ru)

Актуальность работы обусловлена тем, что на сегодняшний день в век высоких технологий, для обеспечения работоспособности какой-либо аппаратуры, необходимо проводить анализ контроля качества на этапах производства отдельных узлов, так и после сборки. Самым эффективным является рентгенографический анализ [1].

Рентгеновское оборудование, обладающее высоким разрешением, имеет возможность проводить точную оценку качества визуально не обнаруживаемых, паяльных соединений. По сравнению с оборудованием с машинным зрением и оптическим контролем рентгеновские системы просвечивают материал, чтобы продемонстрировать скрытые паяльные соединения с планарным массивом выводов.

Практическое применение рентгеновской системы контроля позволяет выявлять дефекты компонентов, такие как:

- трещина в корпусе, в кристалле;
- разрывы(разрушение) проводников разварки;
- пустоты в припое/клее, на который монтируется кристалл;
- прогиб проводников разварки [2].

В ходе работы и для достижения цели об эффективности рентгенографического метода рассмотрим пример, который в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ Р МЭК 748-11-1–2001 на наличие трещин (сколов) в кристалле является дефектом, представлен на рис. 1.

Определить, где трещины проходят, можно, например, измерив расстояния от рабочего стола установки рентгеновского контроля до соответствующих плоскостей (верхней стороны печатной платы, паяных соединений и т.п.) [3].

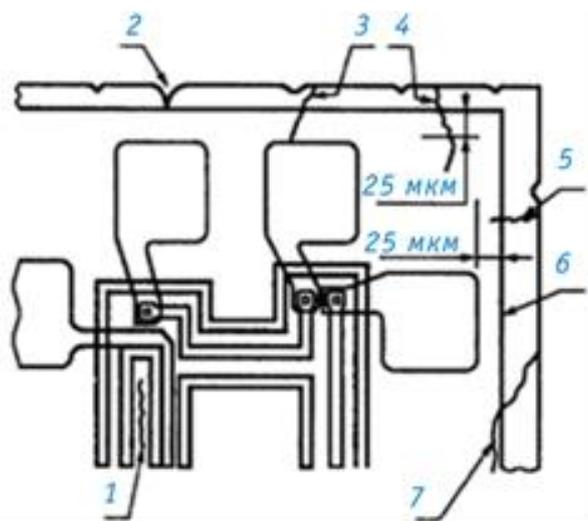


Рис. 1. Дефекты кристалла:

- 1 – трещина подложки в активной области схемы – прибор непригоден;
- 2 – откол кристалла вне активной области схемы – прибор пригоден;
- 3 – трещина на расстоянии менее 6 мкм от функциональной металлизации – прибор непригоден; 4 – трещина на расстоянии более 25 мкм внутри от линии скрайбирования – прибор непригоден; 5 – трещина на расстоянии менее 25 мкм внутри от линии скрайбирования – прибор пригоден; 6 – сетка или линия скрайбирования;
- 7 – трещина длиной более 75 мкм – прибор непригоден

Итак, при внедрении рентгенографической системы проверки контроля качества кристалла были решены следующие проблемы:

- 1) поиск мелких трещин;
- 2) трещины на различных участках, которые находятся в установленной плоскости;
- 3) малая протяженность изъянов.

Однако при внедрении рентгенографической системы проверки контроля качества кристалла возникли новые проблемы, связанные с опасностью рентгеновского излучения для человека. Поэтому при работе с этим методом необходимо строго соблюдать правила поведения и технику безопасности.

Библиографический список

1. Павлинский, Г. В. Основы физики рентгеновского излучения / Г. В. Павлинский. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 240 с.
2. Зарипова, Л. Д. Основы радиационного неразрушающего контроля. учебно-методическое пособие / Л. Д. Зарипова, Р. А. Назипов, А. С. Храмов. – Казань : Изд-во Казанского. гос. ун-та, 2008. – 66 с.
3. ГОСТ Р МЭК 748-11-1–2001. Приборы полупроводниковые. Интегральные схемы. Часть 11. Раздел 1. Внутренний визуальный контроль полупроводниковых интегральных схем, за исключением гибридных схем.

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 году. 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.

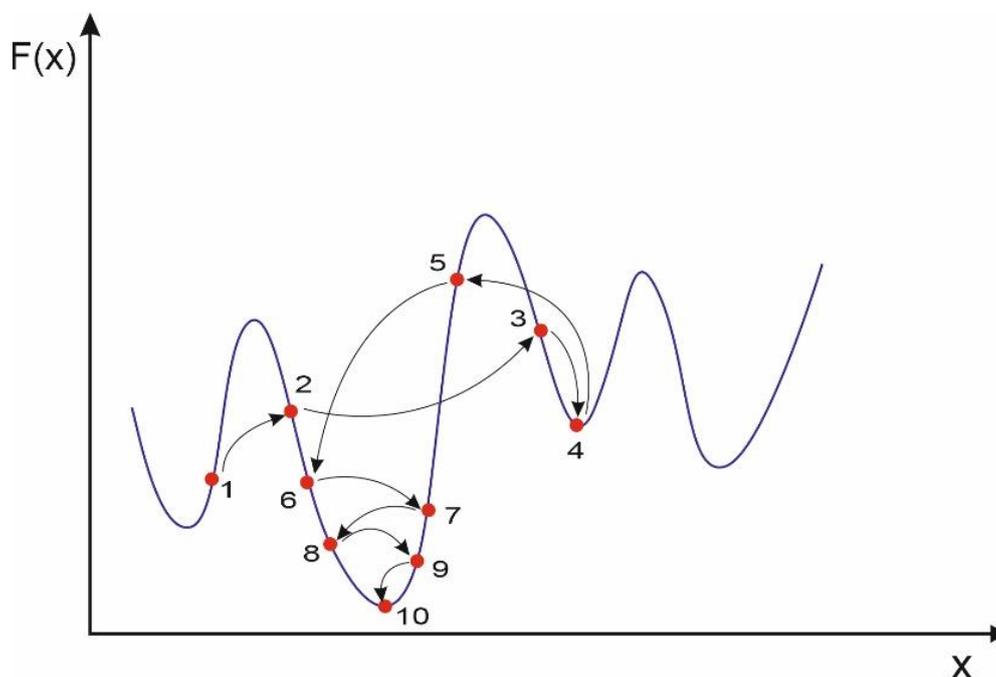


Рис. 1. Процесс поиска оптимального решения

С особенностью принятия хуже 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.

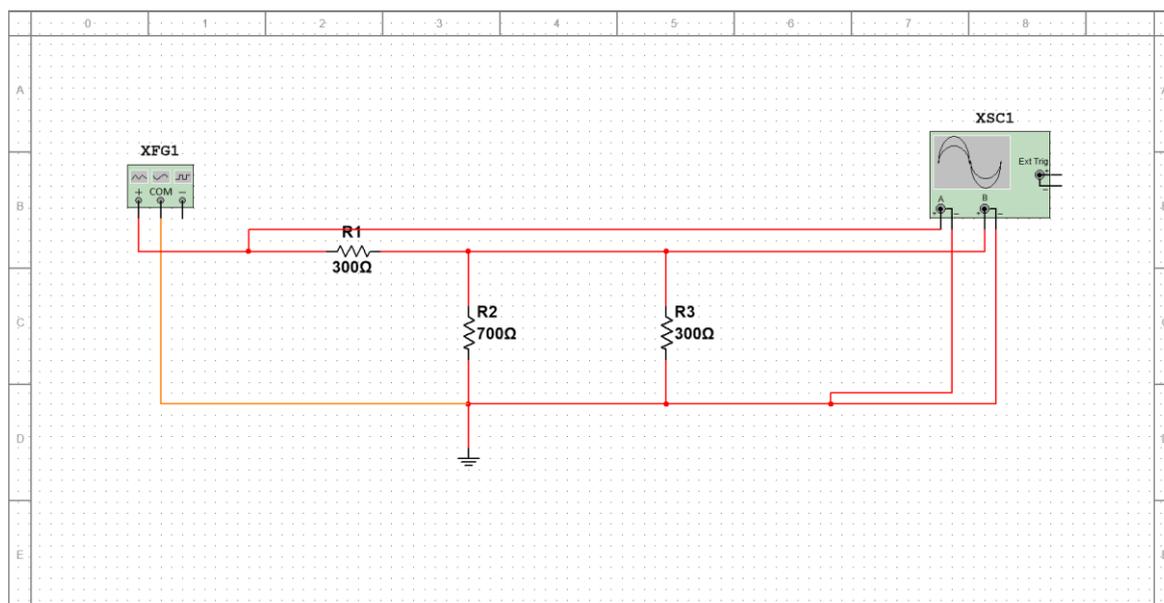


Рис. 2. Модель схемы в среде Multisim

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

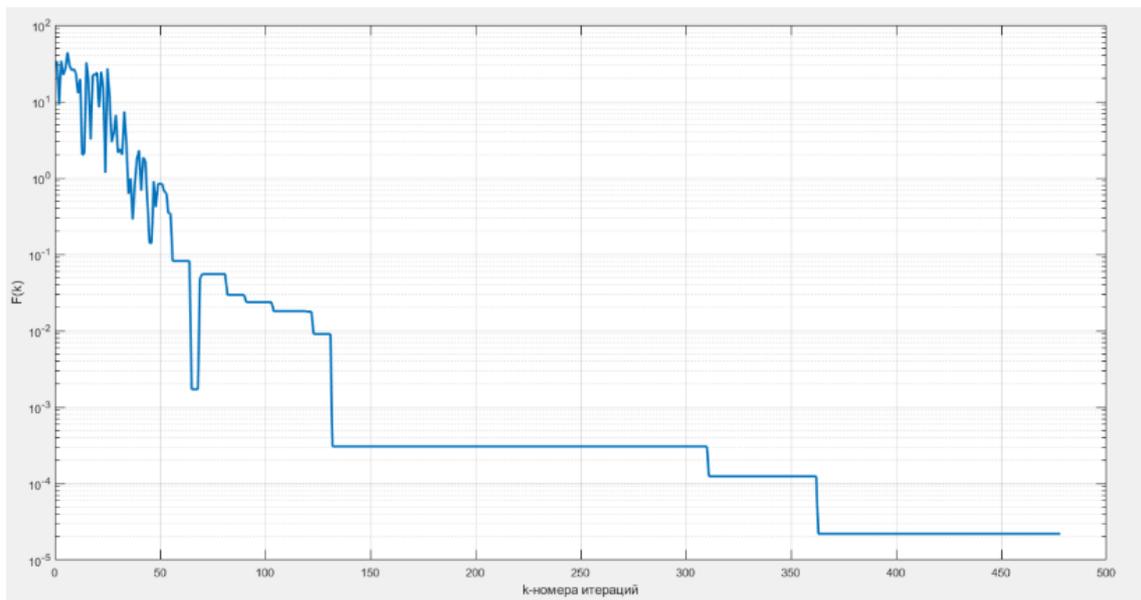


Рис. 3. Процесс сходимости целевой функции

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.

Библиографический список

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

ПРИНЦИП РАБОТЫ ПЕРЕДАТЧИКА ЧЕТВЕРТОГО ПОКОЛЕНИЯ С ПОВЫШЕННОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ

В. В. Попов

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

Высокий пик-фактор сигнала передатчика является одним из главных недостатков систем с OFDM-модуляцией. Принимаются несколько мер для снижения мгновенных и пиковых значений. Так, например, из потока коди-

рования исключаются последовательности, которые приводят к высоким выбросам группового сигнала. Данный процесс приводит к снижению скорости передачи символов в канале, но в свою очередь, увеличивается сложность линейных усилителей и их энергетическая эффективность. КПД линейных усилителей OFDM-сигнала не превышает 20...30%. Без принятия этих мер, стоимость усилителей была бы значительно выше за счет увеличения количества элементов и их повышенной стоимости, а КПД не превышал бы несколько процентов. На рисунке 1 изображена схема передатчика с нелинейным усилителем и обратной связью с OFDM-модуляцией.

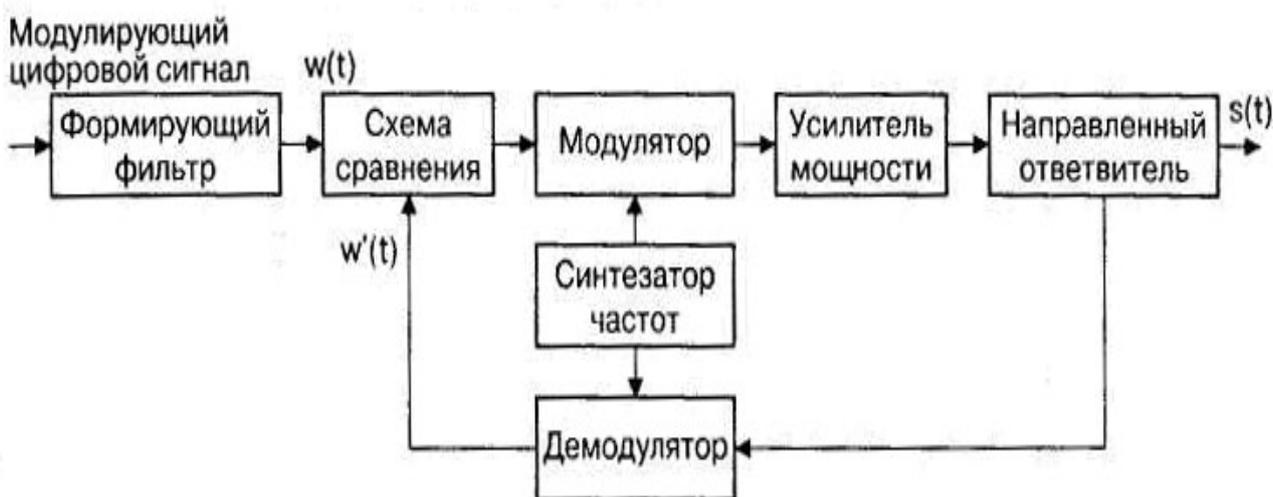


Рис. 1. Схема передатчика с нелинейным усилителем и обратной связью

Принцип работы схемы заключается в том, что она стремится уравнивать воздействия на входе вычитающего элемента автоматически, она стремится уравнивать исходный идеальный модулирующий сигнал $w(t)$ и реальный модулирующий сигнал $w'(t)$. В итоге сигнал получается как демодулированный сигнал мощного выходного высокочастотного колебания усилителя мощности. Когерентная демодуляция входного сигнала происходит в демодуляторе, а сам сигнал поступает с направленного ответвителя. Используется такой же опорный высокочастотный сигнал, что и при модуляции, в результате чего происходит когерентность.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что реальное значение модулирующего сигнала $w'(t)$ в выходном высокочастотном сигнале совпадает с модулирующим сигналом $w(t)$ при коэффициенте усиления $K_3 (s) \gg 1$. Наличием обратной связи можно компенсировать нелинейность усилителя (повысить КПД).

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. Метод повышения точности третичной обработки информации с применением динамических весовых коэффициентов / Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин, А. И. Рогачев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2017. – № 4. – С. 595–596.
3. Беспроводные системы 4-го поколения [Электронный ресурс]. – URL : https://studref.com/480516/tehnika/besprovodnye_sistemy_pokoleniya
4. Алгоритм дальномерного канала с учетом информации бортовых датчиков воздушных судов / Ю. Н. Панасюк, С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, И. В. Князев // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 60 – 63

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ ГИБРИДНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Н. А. Кольтюков, Н. А. Гуцин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: Analsky18@gmail.com)

К гибридным объектам будем относить объекты, содержащие в себе несколько приводов электрических и не электрических, связанных и не связанных между собой механически и различающихся передаточными числами редукторов, нагрузочными моментами и скоростями вращения, выполняемыми функциями и ограничениями.

Для разработки математической модели необходимо рассмотреть многоприводный гибридный объект, который в своем составе может иметь несколько приводов. При рассмотрении работы гибридного объекта можно выделить три основных режима: разгон до заданной скорости, движение с постоянной скоростью, режим торможения.

Большое значение для практики имеет задача оптимального энергосберегающего управления динамическими режимами электродвигателей с ограничением на ускорение, а также отдельными закрепленными концами траектории изменения фазовых координат.

Таким образом, задача формулируется по следующему принципу: для заданных начальных условий и ограничений на ускорение требуется определить управление, которое на фиксированном интервале времени переводит объект управления из состояния z_0 в состояние z_k при выполнении ограничения, на управление u в каждый момент времени, и минимуме функционала I_{Θ} .

При решении поставленной задачи модель динамики объекта представляют в виде системы линейных дифференциальных уравнений

$$\dot{z} = Az(t) + Bu(t),$$

или дифференциальных уравнений с разрывной правой частью.

Для получения численных результатов задается массив исходных данных

$$R = (A, B, u_n, u_b, z_0, z_k, \dot{z}_{2\text{доп}}, t_0, t_k). \quad (1)$$

Управляющее устройство, осуществляющее синтез оптимального управления в реальном времени, должно по заданному массиву за допустимое время рассчитать оптимальное управление в виде программы

$$u^*(\bullet) = (u^*(t), t \in [t_0, t_k]), \quad (2)$$

при этом определяется вид функции $u^*(t)$ и вычисляются ее параметры.

Рассмотрена общая модель гибридного объекта. Отмечено, что в общем случае каждому приводу соответствует своя математическая модель и особенности управления. Далее была рассмотрена постановка задачи оптимального управления гибридным объектом.

Рассмотрены задачи оптимального энергосберегающего управления сложными объектами. В постановках задач могут использоваться два способа задания ограничения на ускорение. В первом способе ограничение на ускорение записывается в виде обычного неравенства, а во втором – ограничение на ускорение учитывается косвенно за счет подбора весовых коэффициентов в минимизируемом функционале.

Библиографический список

1. Тяжелые гибриды [Электронный ресурс] – Электрон. журн. – М. : 2007. – URL : <http://old.computerra.ru/features/311370/>
2. Кольтюков, Н. А. Оптимальное энергосберегающее управление смешительными машинами предприятий по производству и переработке полимер-

ных материалов : дис. ... канд. техн. наук / Н. А. Кольтюков ; Тамб. гос. техн. ун-т. – Тамбов, 2002. – 174 с.

3. Грачева, Е. В. Энергосбережение для всех и каждого / Е. В. Грачева. – М. : Энергосбережение, 2002. – 284 с.

4. Растрингин, Л. А. Современные принципы управления сложными объектами / Л. А. Растрингин. – М. : Советское радио, 1980. – 232 с.

5. Алексеев, В. М. Оптимальное управление / В. М. Алексеев, В. М. Тихомиров, С. В. Фомин. – М. : Наука, 1979. – 268 с.

ОБЗОР МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ГИБРИДНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Н. А. Кольтюков, Н. А. Гуцин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: Analsky18@gmail.com)

В наши дни снижение запасов сырой нефти и повышения внимания к окружающей среде оживило концепцию электрического транспортного средства. Гибридные системы уже возвратились на первую ступень перехода.

Гибриды в начале прошлого столетия были переходом от электрических к транспортным средствам с двигателем внутреннего сгорания (ДВС), теперь они являются переходом от приводов с ДВС к электрическим транспортным средствам.

Гибридным системам требуется меньше топлива, но стоимость их конструирования остается довольно большой. Лишь когда цена топлива, льготы и новые технологии сделают их выгоднее, на улицах появятся гибридные грузовики и автобусы.

Такие машины уже прочно закрепились в производственных программах ведущих автопроизводителей. Гибридные транспортные средства остаются редким видом транспорта, однако и экспериментальными транспортными средствами их назвать нельзя.

Главные преимущества гибридных машин – это экономия топлива и сокращение выбросов вредных веществ в атмосферу.

В гибридах применяются разные схемы. В одном случае, как в карьерных самосвалах, электродвигатель может быть соединен с двигателем внутреннего сгорания последовательно. Двигатель внутреннего сгорания обеспечивает энер-

гией генератор, который, в свою очередь, обеспечивает энергией электродвигатель, приводящий машину в движение.

В свою очередь электродвигатели, применяемые в электроприводах автомобилей, делятся на синхронные, асинхронные и двигатели постоянного тока.

Достоинством электродвигателя постоянного тока с независимым возбуждением является возможность экономичного и широкого регулирования скорости вращения. Частоту вращения двигателя можно изменять регулировкой тока возбуждения и изменением напряжения на обмотке якоря.

Асинхронный двигатель благодаря конструктивной простоте является наиболее массовым двигателем и широко применяется в построении гибридной техники.

Необходимость использования для исследования динамики асинхронного электропривода громоздкой системы возникает, когда динамический процесс рассматривается в широких пределах изменения скорости двигателя (например, пуск двигателя при подключении питания). Для оптимального управления асинхронными электродвигателями также имеются модели, пригодные для синтеза энергосберегающего управления.

Синхронные двигатели находят применение в электроприводах средней и большой мощности, которые работают непрерывно и, как правило, не требуют регулирования скорости.

На основе анализа вариантов структур системы оптимального энергосберегающего управления выбирается наиболее предпочтительный, и для него создаются алгоритмическое и программное обеспечение.

Анализ методов и средств энергосбережения в различных системах оптимального управления показал, что существующие способы уменьшения энергопотребления не лишены недостатков. Следует отметить, что эти недостатки в значимой мере препятствуют разработке перспективных образцов гибридной техники. Поэтому целью работы является разработка практически реализуемых алгоритмов оптимального управления для сложных объектов.

Выводы. Проведен обзор методов и средств оптимального управления гибридными объектами. Подробно рассмотрены методы достижения оптимального энергосбережения гибридных систем. Выявлены недостатки этих методов и ограниченность их применения в гибридных системах, работающих в условиях динамической нагрузки.

Проведен обзор гибридных систем, применяемых в машиностроении. Изучены и указаны принципы аппаратного управления двигателями различного типа.

Проанализированы известные структуры аппаратного управления электродвигателями в гибридных системах.

Библиографический список

1. Тяжелые гибриды [Электронный ресурс]. – URL : <http://old.computerra.ru/features/311370//>
2. Кольтюков, Н. А. Оптимальное энергосберегающее управление смешительными машинами предприятий по производству и переработке полимерных материалов : дис. ... канд. техн. наук / Н. А. Кольтюков ; Тамб. гос. техн. ун-т. – Тамбов, 2002. – 174 с.

АНАЛИЗ ЯЗЫКОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ РАБОТЫ ПРОГРАММИРУЕМОЙ ЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕГРАЛЬНОЙ СХЕМЫ

М. В. Сизов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: maks.sizov.01@mail.ru)

Программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС) в наше время получают огромную популярность во всем мире. Они представляют собой программируемую матрицу логического «И» и макроячейки, которые обеспечивают гибкость и возможность быстрой настройки под конкретные задачи.

Одной из основных областей применения ПЛИС является создание цифровых интерфейсов, так как они позволяют упростить процесс разработки цифровых систем и снизить затраты на изготовление устройств. Другими преимуществами ПЛИС является минимальное время разработки схемы и отсутствие необходимости в сложном технологическом производстве.

Учитывая все эти факторы, можно сделать вывод, что дальнейшая работа и улучшения ПЛИС являются очень актуальной задачей в современном мире.

Перед началом работы с ПЛИС нужно определиться с языком программирования, с помощью которого будет выполняться написание программы.

В данной работе проведен анализ двух самых популярных языков программирования на ПЛИС.

VHDL (Hardware Description Language for Very High Speed Integrated Circuits) – это язык программирования, который используется для описания проектируемых систем на уровне схемотехнического проектирования [3].

Отличительные особенности языка VHDL:

- устройства, которые проектируются, можно разбивать на составные элементы;
- у каждого элемента есть свой интерфейс для соединения с другими устройствами и точное функциональное описание для моделирования;
- можно моделировать выполняемые устройством логические действия и его временные характеристики.

Verilog, или Verilog HDL (Hardware Description Language) – это язык, который используется для описания и моделирования аппаратуры в электронных системах. В отличие от VHDL, который является конкурирующим языком, Verilog HDL чаще используется для проектирования, верификации и реализации аналоговых, цифровых и смешанных электронных систем на различных уровнях абстракции, например, в виде программируемых микросхем (СБИС) [2].

Использование констант (parameter) в Verilog имеет свои особенности, которых нет в обычных языках программирования. Этот тип данных широко применяется в параметризации модулей, когда сам модуль описан с использованием константы, но при этом есть возможность включить экземпляр этого модуля в более высокоуровневый модуль с измененным значением «константы».

Несмотря на сходные названия, Verilog HDL и VHDL – это разные языки. Verilog является относительно простым языком, похожим на язык программирования С как по синтаксису, так и по «идеологии». Небольшое количество ключевых слов и простота основных конструкций облегчают изучение и делают Verilog удобным для обучающих целей. В то же время он эффективен и специализирован для работы с электронными системами. А VHDL, наоборот, из-за своих расширенных возможностей менее эффективен и сложнее в использовании, т.е. для описания одной и той же конструкции в Verilog потребуется меньше символов (ASCII), чем в VHDL [1].

Для дальнейшей работы с ПЛИС был выбран язык программирования Verilog как наиболее универсальный и относительно простой.

Библиографический список

1. Поляков, А. К. Языки VHDL и VERILOG в проектировании цифровой аппаратуры / А. К. Поляков. – М. : СОЛОН-Пресс, 2003. – 320 с.

2. Соловьев, В. В. Основы языка проектирования цифровой аппаратуры Verilog / В. В. Соловьев. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Научно-техническое издательство «Горячая линия – Телеком», 2021. – 284 с.

3. Бибило, П. Н. Основы языка VHDL / П. Н. Бибило. – М. : Солон-Р, 2002. – 199 с.

ЦИФРОВОЙ ИНТЕРФЕЙС ДЛЯ СВЯЗИ ЦИФРОВОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ С ВНЕШНИМИ УСТРОЙСТВАМИ

М. В. Сизов, А. П. Пудовкин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: maks.sizov.01@mail.ru; resbn@mail.ru)

В начале 1960-х годов началось внедрение цифровых компьютерных систем, входящих в состав бортового оборудования самолетов, и в короткие сроки практически полностью заменили аналоговые вычислители. Они обеспечивали более точное решение задач, были более универсальными и обладали широким спектром логических возможностей.

Это позволило сократить сроки и снизить затраты на разработку и модернизацию комплекса бортового оборудования, а также снизить затраты на его эксплуатацию. Унификация позволяла использовать общие стандарты и интерфейсы для различных систем бортового оборудования, что повышало эффективность и экономическую целесообразность разработки и эксплуатации авионики [1].

Для связи цифровой вычислительной машины с внешними устройствами разработан цифровой интерфейс для связи блока БЦВМ с внешними устройствами. Интерфейс работает в трех режимах, с возможностью переключения между ними: контроллер шины, оконечное устройство, монитор.

Интерфейс функционирует асинхронно, в режиме «команда-ответ». Инициирование обмена информации осуществляет только один контроллер шины.

На рисунке 1 приведена структурная схема технических средств интерфейса [2].

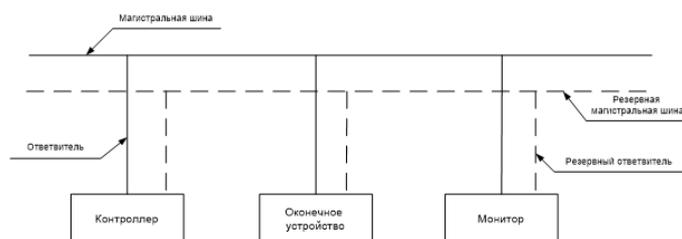


Рис. 1. Структурная схема технических средств интерфейса

Контроллер шины (КШ), обычно входящий в состав бортовой вычислительной машины, управляет обменом информации, осуществляет сопряжение с линией передачи информации, контроль передачи информации, состояние оконечного устройства и самоконтроль.

Оконечное устройство (ОУ) принимает и выполняет адресованные ему команды контроллера, осуществляет сопряжение подключенного оборудования с линией передачи информации, контролирует передачу информации, проводит самоконтроль и передает результаты контроля в контроллер.

Магистральная шина (МШ) линии передачи информации выполняется из кабеля с витой экранированной парой проводов в защитной оболочке, к которым с обоих концов кабеля подключаются согласующие резисторы.

В качестве кода передачи использован биполярный фазоманипулированный код (Манчестер II). В Манчестерском коде для кодирования единиц и нулей используется перепад сигнала, т.е. фронт импульса. Каждый такт делится на две части. Так как сигнал изменяется по большей мере один раз за такт передачи одного бита данных, то манчестерский код обладает хорошими самосинхронизирующимися свойствами [3].

Библиографический список

1. Петров, В. И. Цифровые вычислительные системы и их программное обеспечение : учебное пособие / В. И. Петров, К. Н. Матюхин. – М. : Изд-во «Московский государственный технический университет ГА», 2019. – 83 с.
2. Клайв, Максфилд. Проектирование на ПЛИС. Архитектура, средства и методы / Клайв Максфилд. – М. : Додэка XXI, 2007. – 408 с.
3. Вернер, М. Основы кодирования / М. Вернер : учебник для ВУЗов. – М. : Техносфера, 2004. – 284 с.

СЕТИ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ ШЕСТОГО ПОКОЛЕНИЯ: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

А. А. Мельников

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

С развитием информационных технологий и повсеместным использованием мобильных устройств возникает необходимость в постоянном совершенствовании сетей мобильной связи. В данной статье мы рассмотрим последние достижения в области сетей мобильной связи шестого поколения (6G) и их потенциальное влияние на будущее общество.

Сети мобильной связи шестого поколения обещают революционные изменения в области связи и передачи данных. Одной из ключевых характеристик 6G является экстремально высокая скорость передачи данных, достигающая нескольких терабит в секунду. Это обеспечит мгновенный доступ к огромным объемам информации, что приведет к существенному улучшению пользовательского опыта.

Другой важной особенностью 6G является низкая задержка (латентность) в передаче данных. Это позволит реализовать различные технологии, требующие мгновенной реакции, такие как автономные транспортные системы, дистанционное управление роботами и виртуальная реальность высокой четкости.

Сети мобильной связи шестого поколения обладают огромным потенциалом для применения в различных областях. В медицине, например, 6G позволит реализовать технологии удаленного мониторинга состояния пациентов и оперативную передачу медицинских данных в реальном времени.

В области индустрии 6G может быть использован для создания «умных» производственных систем, где оборудование автоматически адаптируется к изменяющимся условиям и максимально оптимизирует производственные процессы.

Несмотря на все потенциальные преимущества, внедрение сетей мобильной связи шестого поколения также сталкивается с определенными вызовами. Один из них – это необходимость в разработке новых технологий и инфраструктуры, способных обеспечить поддержку 6G.

Кроме того, вопросы безопасности и конфиденциальности данных становятся все более актуальными в контексте широкого использования сетей 6G. Необходимо разработать эффективные методы защиты информации и противодействия кибератакам.

Сети мобильной связи шестого поколения представляют собой важный этап в развитии телекоммуникационных технологий. Их внедрение обещает привнести новый уровень скорости, эффективности и функциональности в мобильные сети, открывая широкие перспективы для различных отраслей и повседневной жизни людей. Однако для успешной реализации этого потенциала необходимо преодолеть ряд технологических и организационных вызовов.

Библиографический список

1. Зырянов, Ю. Т. Основы радиотехнических систем : учебное пособие / Ю. Т. Зырянов, О. А. Белоусов, П. А. Федюнин. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб. : Лань, 2022. – 192 с.

2. Радиопередающие устройства / под. ред. В. В. Шахгильдяна. – М. : Радио и связь, 2003. – 560 с.

3. Сети 6G. Путь от 5G к 6G глазами разработчиков. От подключенных людей и вещей к подключенному интеллекту / А. Ахаваин, С. Ан, Х. Балих и др. ; под ред. В. Тонг, П. Чжу ; пер. В. С. Яценков. – М. : ДМК Пресс, 2022. – 624 с.

АЛГОРИТМ ОЦЕНИВАНИЯ КОРРЕЛИРОВАННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПОГРЕШНОСТИ ГИРОСКОПА

А. Е. Хрипченко

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: alekc120268@gmail.com)

Основными источниками информации о координатах летательного аппарата (ЛА) являются радиосистемы и инерциальные измерители. Существенное улучшение точности достигается на основе применения методов марковской теории оценивания случайных процессов, путем синтеза алгоритмов комплексной первичной обработки информации. В рассматриваемом случае измерение угловых координат ЛА проводится радиотехническим и нерадиотехническим измерителями: это могут быть радиолокационные станции – с одной стороны, а также позиционные и скоростные гироскопы – с другой стороны.

В настоящее время в алгоритмах фильтрации часто используется модель, основанная на предположении, что движение является прямолинейным с постоянной скоростью сближения [1 – 3, 5].

Ускорение сближения в этом случае обычно описывается корреляционной функцией вида [4]

$$K(t-t') = \sigma_M^2 \cdot \exp\{-\alpha \cdot |t-t'|\}, \quad \alpha \geq 0,$$

где σ_M^2 – дисперсия изменения ускорения внутренней системы; $\alpha = 1/\tau_M$ – величина, обратная постоянной времени маневра (ускорения); t' – любой момент времени, включая t .

В качестве модели движения цели применим модель в виде системы разностных уравнений второго порядка. Кроме того, введем третью компоненту для задания коррелированной составляющей шума гироскопа. Таким образом, для рассматриваемого случая вектор фазовых координат в пространстве состояний будет иметь вид

$$\mathbf{x}(k) = [x1(k) \quad x2(k) \quad x3(k)]^T,$$

Модель может быть представлена в матричной форме следующим образом:

$$x(k) = \Phi(k/k-1) \cdot x(k-1) + \xi(k-1).$$

Модель наблюдения в таком случае будет представлена как

$$z(k) = H(k-1) \cdot x(k-1) + \eta(k-1),$$

где $\Phi(k/k-1)$ – переходная матрица состояния; $z(k)$ – n -мерный вектор наблюдений; $H(k-1)$ – матрица наблюдения; $\xi(k-1), \eta(k-1)$ – последовательности независимых случайных величин с гауссовскими плотностями распределения вероятности.

Оценки на выходе первого канала фильтра равны:

$$\hat{x}(k) = \Phi(k/k-1)\hat{x}(k-1) + K(k-1)[z(k) - H(k) \Phi(k/k-1)\hat{x}(k-1)]. \quad (5)$$

Задавая конкретные величины указанных параметров погрешностей в виде коррелированного шума, можно оценить, какими потенциальными (рис. 1) и реальными характеристиками точности будет обладать моделируемая система.

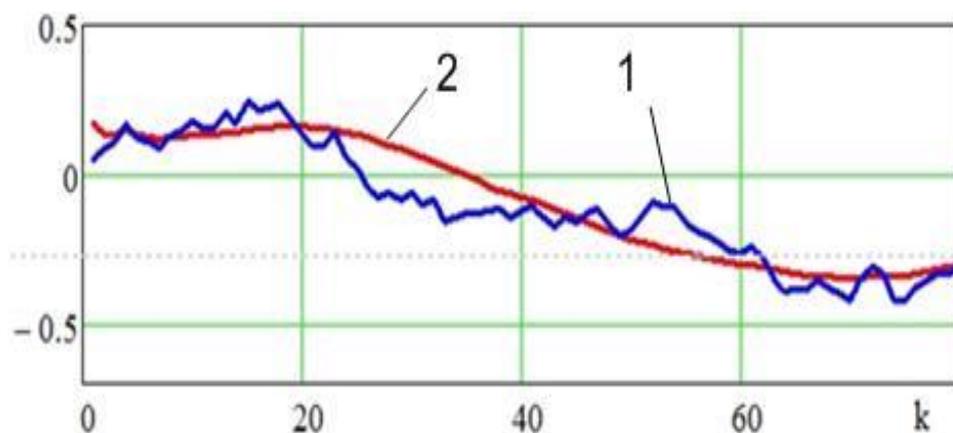


Рис. 1. Реальная коррелированная погрешность:

1 – на выходе гироскопа; 2 – ее оценка

На рисунке 1 показаны входные и выходные величины оценивания коррелированной погрешности в градусах. Среднеквадратическая величина погрешности (СКП) оценки составила $0,1^\circ$, в то время, когда сама погрешность имеет СКП $0,2^\circ$. Потенциальная же точность оценки равна $0,05^\circ$.

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 et all. // 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. 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. Чернышова, Т. И. Информационная технология оценки метрологической надежности информационно-измерительных систем с учетом влияния внешних факторов / Т. И. Чернышова, М. А. Каменская // Материалы VI Междунар. НТК студентов, молодых ученых и специалистов. – 2019. – С. 172–173.

АНАЛИЗ ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ СЕНСОРНЫХ ЭКРАНОВ

А. С. Кокорев, Д. С. Терентьев

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана,
Москва, Россия
(e-mail: vlasov@iu4.ru)

Сенсорные экраны – устройство ввода информации, экран, реагирующий на прикосновение или нажатие, с возможностью определения положения нажатия для управления тем или иным интерфейсом. В настоящее время они стали неотъемлемой частью жизни современного человека. Развитие сенсорных технологий позволило создавать различные типы сенсорных экранов, применимых в той или иной сфере деятельности: смартфоны, ноутбуки [1 – 3], банкоматы, терминалы оплаты, кассы самообслуживания, информационные панели, автомобильные медиацентры, органы управления поездами и авиацией, промышленное оборудование и средства управления целыми предприятиями. Изначально сенсорные экраны стали особенно популярными в носимой электронике, став чуть ли не обязательной частью любого многофункционального компактного электронного устройства. Позже, с развитием технологии сенсорных экранов и началом цифровизации промышленной сферы, сенсорные экраны стали внедряться в производство, бизнес и транспортную отрасль (рис. 1).

Рынок сенсорных экранов в настоящее время подвержен бурному росту. Массовое внедрение общественных терминалов, информационных панелей, банкоматов, интерактивных киосков и других решений становится повсемест-

ным. Так же на рост индустрии сенсорных экранов повлияла пандемия COVID-19 и последующий за ней кризис полупроводников. После приостановления производства последовал период восстановления темпов производства, которые, согласно оценке аналитиков, будут наращиваться вплоть до 2028 года, со средним темпом роста около 14% в год для потребительской сферы и около 8% для потребительской.

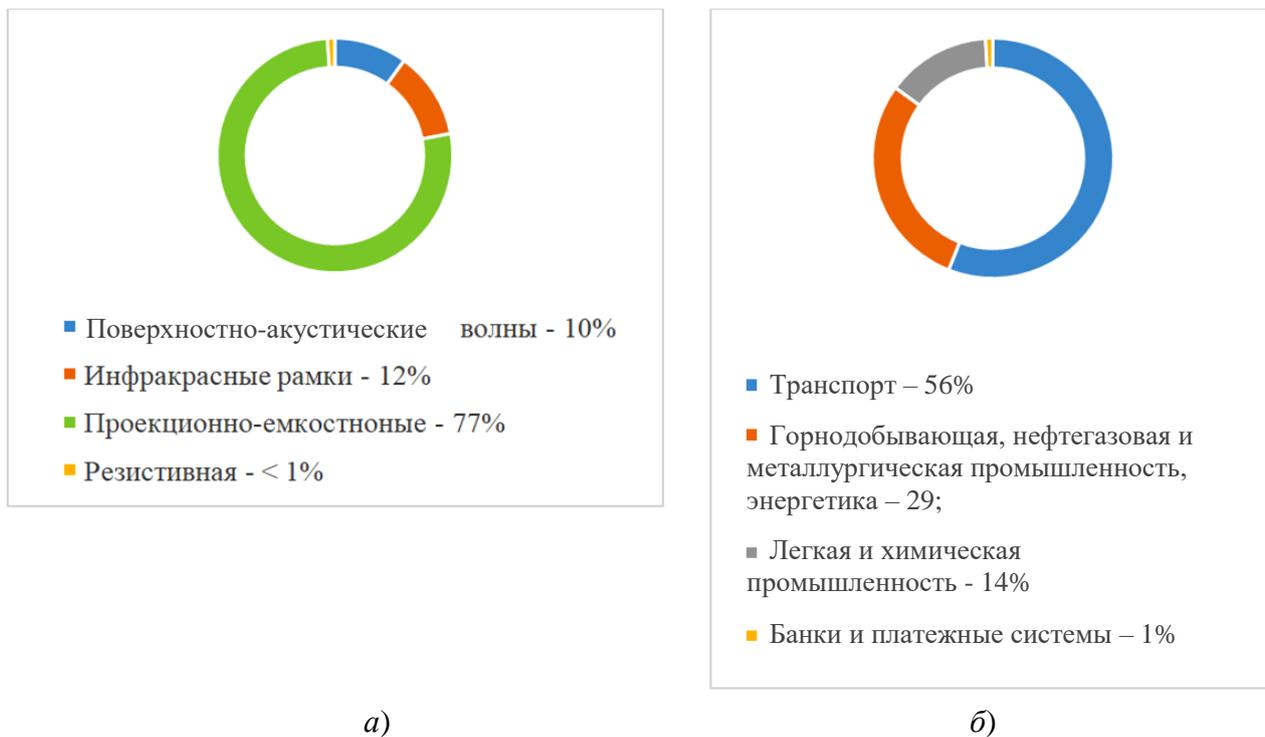


Рис. 1. Распределение технологий сенсорных экранов в промышленной сфере в 2023 году (а); распределение использования сенсорных экранов по областям экономики (б)

Так же стоит отметить, что резистивные сенсорные технологии, несмотря на дешевизну производства, потеряли былую актуальность. Связано это с тем, что главное их преимущество – комфортная работа с интерфейсами, изначально не адаптированными под сенсорный ввод, больше не имеет смысла. Новые интерфейсы оборудования с сенсорными экранами изначально спроектированы с учетом сенсорного ввода. Распределением основных потребителей промышленных сенсорных экранов по областям экономики занимаются транспортный и производственный сектора (рис. 1).

Такое распределение роста использования сенсорных экранов связано с трансформацией данных промышленных секторов с внедрением цифровых технологий, автоматизации и анализа данных.

Отдельные результаты получены в рамках Государственного задания по проекту FSFN-2024-0027.

Библиографический список

1. Investigation of a Capacitor Array of a Composite Capacitive Touch Panel / Krivoshein A. I., Terent'ev D. S., Shakhnov V. A., Vlasov A. I. // Russian Microelectronics. – 2018. – V. 47, No. 5. – P. 299 – 306.

2. Власов, А. И. Проекционно-емкостной сенсорный экран для встраиваемых мобильных систем / А. И. Власов, Д. С. Терентьев, С. В. Токарев // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. Конструирование датчиков, приборов и систем. – 2013. – № 1. – С. 16 – 25.

3. Власов, А. И. Устройство сенсорно-бесконтактного ввода информации на базе керамики для авионики / А. И. Власов, Д. С. Терентьев, В. А. Шахнов // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем. – 2016. – С. 88 – 94.

СЕМАНТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУРЫ

Ю. А. Балыбердин, Г. А. Волков, Е. В. Резчикова

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана,
Москва, Россия
(e-mail: vlasov@iu4.ru)

Термометрия является важным параметром для производственных процессов, химических реакций, живых организмов и других процессов, происходящих в природе, процессов, которые использует человек [1, 2]. Для измерения температуры предназначены специальные датчики температуры, которых существует большое разнообразие (рис. 1).

Условно все датчики можно поделить на две большие категории – контактные и бесконтактные датчики. Эти два класса датчиков отличаются расстоянием между чувствительным элементом и объектом измерения. К тому же, бесконтактные датчики имеют минимальное влияние на среду измерения, потому что условно не обладают теплоемкостью.

Применение для решения задач классификация понятийных СМАР-карт (рис. 1) позволяет построить семантические карты понятий предметной области, которые формируют ее предметный словарь, и показать взаимовлияние понятий и возможности их морфинга [3].

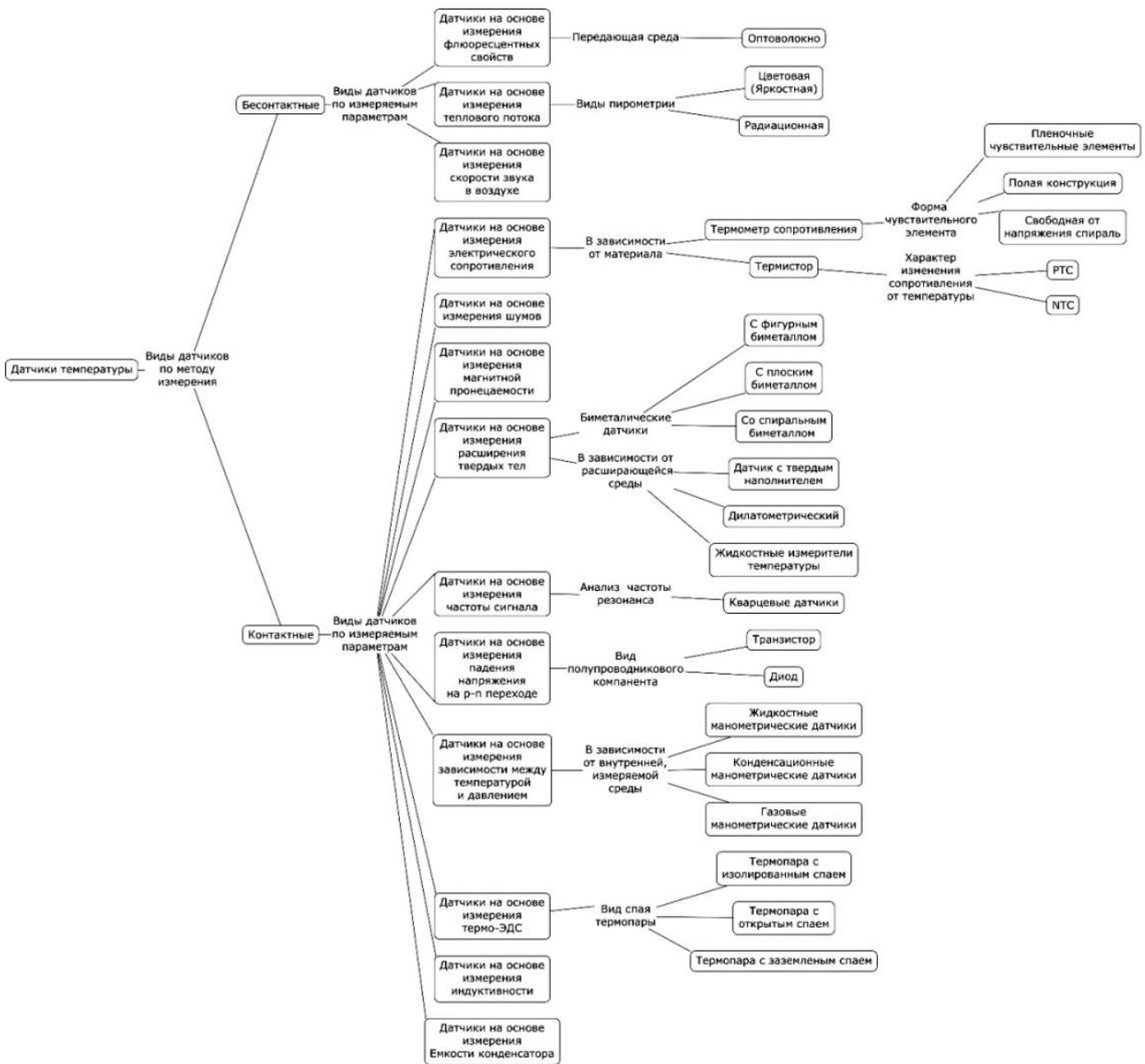


Рис. 1. Обобщенная классификация датчиков температуры

Семантическая классификация на рис. 1 иллюстрирует принципы применения инструментов семантического анализа для обобщения и классификации бесконтактных и контактных датчиков температуры. Семантический анализ является одним из эффективных инструментов, который позволяет формализовать характеристики предметной области и установить между ними понятийные связи. На основе анализа можно утверждать, что наиболее точными измерениями обладают магнитные термометры, в области криогенных температур. В области комнатных температур наибольшую точность имеют термометры на основе кварцевых резонаторов, также их неоспоримым преимуществом является цифровой выходной сигнал, простота обработки сигнала и низкая цена. Данная классификация может быть использована при конструировании перспективных датчиков температур. Показанная семантическая взаимосвязь

датчиков способствует выбору наиболее подходящих физических эффектов для условий окружающей среды и диапазонов измеряемых температур. Предложенную методику семантической классификации можно использовать не только для проектирования датчиков температуры, а также для устройств, физические параметры которых можно изменять посредством контроля температурных режимов.

Библиографический список

1. Жагулло, О. М. Основные термины в области температурных измерений : словарь-справочник / О. М. Жагулло ; под ред. А. Н. Гордова – М. : Изд-во стандартов, 1992 – 94 с.
2. Выбор датчиков температуры : учебное пособие / сост. : Г. Б. Минигалиев, В. В. Елизаров. – Казань : ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2014. – 48 с.
3. Резчикова, Е. В. Перспективы применения концепт-карт для построения базы знаний ТРИЗ / Е. В. Резчикова, А. И. Власов // ТРИЗ. Практика применения методических инструментов : сб. докл. – 2011. – С. 140 – 145.

АКТИВНАЯ ЗАЩИТА АКУСТИЧЕСКИХ СЕНСОРНЫХ ЭКРАНОВ ОТ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

С. А. Глухов, Д. С. Терентьев, А. А. Шувалова

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана,
Москва, Россия
(e-mail: vlasov@iu4.ru)

В последнее время широкое распространение получили сенсорные экраны различного вида: матричные, оптические, тензометрические, деформационные, индукционные, резистивные, емкостные, инфракрасные и на поверхностно-акустических волнах (ПАВ) [1]. Сенсорные экраны на ПАВ (поверхностно-акустические волны (surface acoustic wave, SAW)) используют пьезоэлементы, размещенные по углам экрана, которые формируют ультразвуковые волны вдоль поверхности экрана (рис. 1). Специальные отражатели, расположенные равномерно по краям с одной стороны, распределяют эти волны по всему экрану. На противоположной стороне экрана размещаются сенсоры, которые регистрируют данные волны. При касании экрана пальцем часть энергии акустических волн поглощается. Приемники фиксируют это изменение, а система управления вычисляет положение точки касания. Экраны такого типа имеют высокую прозрачность и долговечность. Точность этих экранов выше, чем мат-

ричных, но ниже, чем у емкостных. Главным достоинством акустического сенсорного экрана является возможность отслеживать не только координаты точки, но и силу нажатия. Основным недостатком экранов на ПАВ обусловлен влиянием вибрации и(или) акустических шумов, а также загрязнений поверхности экрана. Это делает актуальной задачу разработки средств снижения влияния волновых воздействий (акустических шумов и вибраций), как локальных, так и пространственных на акустический сенсорный экран.

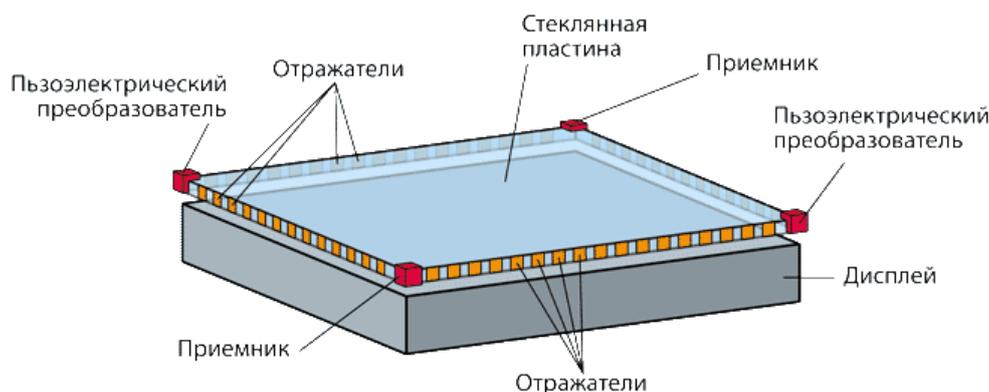


Рис. 1. Конструктивная реализация сенсорного экрана на ПАВ
(<http://www.touchtechn.ru>)

Системы снижения волновых воздействий могут быть реализованы в виде пассивных и активных систем. Пассивные эффективно подавляют высокочастотные (выше 500 Гц воздействия). Активные, использующие дополнительные источники энергии, эффективны на низких частотах (до 500 Гц) [2 – 5]. Одним из простых способов реализации систем активной компенсации нежелательных низкочастотных акустических воздействий является применение шунтирующих элементов. Шунтирование – это процесс параллельного подсоединения электрического элемента к другому элементу в целях уменьшения итогового сопротивления цепи.

При реализации компенсатора нежелательных волновых воздействий на сенсорные экраны с использованием ПАВ необходимо учитывать следующие факторы: пьезоэлектрический излучатель основывается на пьезоэффкте, он достаточно компактен и представляет собой двухполосный излучатель в виде активного элемента с широким рабочим диапазоном. Реализация системы активной защиты акустических сенсорных экранов от влияния волновых полей с помощью усилителя с отрицательным выходным сопротивлением показывает, что при правильно подобранных значениях индуктивности и сопротивления использование отрицательного шунтирования приведет к эффективному поглощению звуковой волны в достаточно широком диапазоне частот.

Отдельные результаты получены в рамках Государственного задания по проекту FSFN-2024-0027.

Библиографический список

1. Investigation of a Capacitor Array of a Composite Capacitive Touch Panel / Krivoshein A. I., Terent'ev D. S., Shakhnov V. A., Vlasov A. I. // Russian Microelectronics. – 2018. – V. 47, No. 5. – P. 299 – 306.
2. Elliott, S. J. Active Noise Control / S. J. Elliott, P. A. Nelson // Noise News International. – June 1994. – P. 75 – 98.
3. Электронные системы активного управления волновыми полями: история и тенденции развития / А. И. Власов, Е. А. Володин, С. Г. Семенцов, В. А. Шахнов // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. – 2002. – № 4. – С. 3 – 23.
4. Власов, А. И. Современное состояние и тенденции развития теории и практики активного гашения волновых полей / А. И. Власов // Приборы и системы управления. – 1997. – № 12. – С. 59 – 70.
5. Власов, А. И. Принципы активного подавления действия вибрационных полей на электронную аппаратуру / А. И. Власов // Приборы и системы управления. – 1996. – № 11. – С. 30 – 32.

АЛГОРИТМ ДАЛЬНОМЕРНОГО КАНАЛА С АДАПТИВНОЙ ФИЛЬТРАЦИЕЙ

И. Д. Рябов, Ю. Н. Панасюк

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: 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:

$$\left. \begin{aligned}
D_o(k) &= D_s(k) + K_{\phi 11}(k)\Delta D; & V_o(k) &= V_s(k) + K_{\phi 21}(k)\Delta D(k); \\
a_o(k) &= a_s(k) + K_{\phi 31}(k)\Delta D; & \Delta D(k) &= D_n(k) - D_s(k); \\
D_s(k) &= D_o(k-1) + V_o(k)T + a_o(k)T^2 / 2; \\
V_s(k) &= V_o(k-1) + a_o(k-1)\tau; & a_s(k) &= (1 - \alpha_\phi T)a_o(k-1); \\
R_o(k) &= \frac{1}{N} \sum_{i=i_0}^k \Delta D(i)\Delta D^T(i) - HP_s(k)H^T; \\
P_{s0}(k) &= \lambda(k)\Phi(k)P_o(k-1)\Phi^T(k) + Q_x(k); \\
\lambda(k) &= \max \left\{ 1, \frac{\text{tr} [C_o(k) - R_o(k) - HQ_x(k)(k)H^T]}{\text{tr} [H\Phi P_o(k)\Phi^T H]} \right\}; \\
C_o(k) &= \frac{\lambda(k-1)\Delta z(k-1)\Delta z^T(k-1)}{1 + \lambda(k-1)}; \\
K_\phi(k) &= P_{s0}(k)H^T \{HP_{s0}(k) \cdot H^T(k) + R_o(k)\}^{-1} \\
P_o(k) &= P_{s0}(k) - K_\phi(k) \cdot HP_{s0}(k)
\end{aligned} \right\} \quad (2)$$

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 (1); 2 – в дальномерном канале использовался алгоритм с адаптацией фильтра (2).

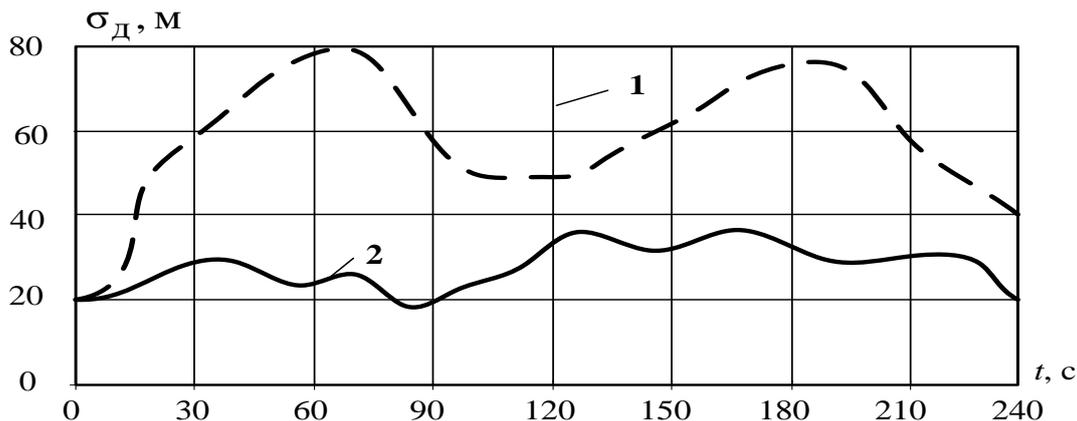


Рис. 1. Зависимость СКП дальности от времени

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. Повышение точности дальномерного канала позволяет повысить пропускную способность и безопасность воздушного движения ВС в районе аэродрома.

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. Indication of Relative Motion Intensity of Aerodynamic Object and Meters with Different Physical Nature / S. N. Danilov, S. P. Moskvitin, Y. N. Panasyuk // Paper Presented at the Journal of Physics : Conference Series, 1901 – 2021.
4. Kurnosov, R. Yu. Improving Metrological Reliability of Information-Measuring Systems Using Mathematical Modeling of Their Metrological Characteristics / R. Yu. Kurnosov, T. I. Chernyshova, V. N. Chernyshov // Journal of Physics : Conference Series – International Conference on Information Technologiess in Business and Industry 2018, ITBI. – 22 May 2018. – V. 1015, Is. 3.

МЕТОДЫ АДАПТИВНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

И. Д. Рябов, Д. Р. Антоничев

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

В настоящее используются трехмерный алгоритм дальномерного канала [1, 2]:

$$\left. \begin{aligned} D_o(k) &= D_3(k) + K_{\phi 11}(k)\Delta D; \\ V_o(k) &= V_3(k) + K_{\phi 21}(k)\Delta D(k); \\ a_o(k) &= a_3(k) + K_{\phi 31}(k)\Delta D; \\ \Delta D(k) &= D_{\text{н}}(k) - D_3(k); \\ D_3(k) &= D_o(k-1) + V_o(k)T + a_o(k)T^2/2; \\ V_3(k) &= V_o(k-1) + a_o(k-1)\tau; \\ a_3(k) &= (1 - \alpha_{\phi}T)a_o(k-1) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Алгоритм (1) не отвечает современным требованиям по точности для обеспечения пропускной способности и уровня безопасности воздушных судов [3 – 5]. Для решения этой проблемы необходимо использовать адаптивную

фильтрацию для подстройки системы оценки координат к изменяющимся условиям. Существует несколько основных методов адаптивной фильтрации.

Первый метод предполагает оценку ковариационной матрицы шума наблюдения по значениям невязок Δz возможно оценить по ковариационной матрице невязок:

$$R_o(k) = \frac{1}{N} \sum_{i=i_0}^k \Delta z(k) \Delta z^T(k) - H P_o(k) H^T. \quad (3)$$

Второй метод заключается в оценке ковариационной матрицы вектора состояния:

$$P_o(k) = \lambda(k) \Phi(k) P_o(k-1) \cdot \Phi^T(k) + Q_x(k), \quad (4)$$

где $\lambda(k)$ – весовой коэффициент, который рассчитывается по формуле

$$\lambda(k) = \max \left\{ 1, \frac{\text{tr} [C_0(k) - R(k) - H Q_x(k) H^T]}{\text{tr} [H \Phi P_o(k) \Phi^T H]} \right\}, \quad (5)$$

где $\text{tr}[\cdot]$ – операция нахождения следа матрицы; C_0 – коэффициент, который определяется выражением

$$C_0(k) = \frac{\lambda(k-1) \Delta z(k-1) \Delta z^T(k-1)}{1 + \lambda(k-1)}. \quad (6)$$

Каждый из этих методов имеет свои недостатки, которые влияют на точность оценки фазовых координат. Целесообразно использовать параллельный анализ обновляющей последовательности первого метода и регулировки ковариационной матрицы ошибки вектора состояний второго метода. Взаимная работа двух методов позволит алгоритму обеспечить максимальную точность оценки фазовых координат дальномерного канала.

Таким образом, метод уточнения ковариации по обновляющему процессу и адаптивный алгоритм с плавной подстройкой улучшают точностные характеристики дальномерного канала.

Библиографический список

1. Пудовкин, А. П. Перспективные методы обработки информации в радиотехнических системах / А. П. Пудовкин, С. Н. Данилов, Ю. Н. Панасюк. – СПб. : Экспертные решения Publishing. – 256 с.

2. The Theta-Theta Channel Functioning Algorithm Synthesis of the Data Measuring System for the Maneuvering Aircraft with Consideration to Its Dynamic and Kinematic Characteristics / V. N. Glistin, A. P. Pudovkin, Yu. N. Panasyuk et all. // J. Phys.: Conf. Ser. 1441. – 2020.

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. 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.

5. Kurnosov, R. Yu. Improving Metrological Reliability of Information-Measuring Systems Using Mathematical Modeling of Their Metrological Characteristics / R. Yu. Kurnosov, T. I. Chernyshova, V. N. Chernyshov // Journal of Physics: Conference Series – International Conference on Information Technologiess in Business and Industry 2018, ITBI. – 22 May 2018. – V. 1015, Is. 3.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ СВЧ-ГЕНЕРАТОРОМ СТЕНДА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БОРТОВОЙ ЦИФРОВОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Д. А. Каданцев

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: dmitryktmb@gmail.com; homutkoff200@gmail.com)

Современное производство бортовых цифровых вычислительных машин (БЦВМ) требует проведения точных измерений электрических параметров для обеспечения высокого качества выпускаемой продукции. Одним из ключевых инструментов для проведения таких измерений является генератор, который осуществляет формирование высокочастотных сигналов. В настоящий момент автоматизация процессов становится все более значимой и востребованной. Отрасли, работающие с высокоточным оборудованием, нуждаются в системах автоматизированного управления для повышения производительности и точности.

В работе дан анализ функциональных возможностей СВЧ-генератора и рассмотрены существующие методы автоматизированного управления цифровым оборудованием.

Главными особенностями высокочастотного генератора Agilent N9310A, используемого в стенде, являются высокие технические характеристики, компактность и низкий ценовой диапазон. Данный прибор зарекомендовал себя как идеальный прибор для проведения производственных испытаний современных потребительских товаров, в том числе цифровых приемопередатчиков, беспроводных телефонов, устройств радиочастотной идентификации, модулей системы GPS, а также устройств беспроводных локальных сетей [1].

Для реализации автоматизированного управления генератором существуют следующие методы в зависимости от требований и задач:

- применение команд удаленного управления, поддерживающих протокол SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments), что позволяет программно управлять СВЧ-генератором и устанавливать параметры сигнала через интерфейсы связи (GPIB, LAN или USB);

- использование специализированных программных утилит компании Keysight, позволяющих упростить взаимодействие с высокочастотным генератором;

- разработка программных обеспечений для автоматизации измерений с помощью различных языков программирования, используя библиотеку “VISA” для работы с устройствами, поддерживающими протокол SCPI;

- применение утилиты “LabVIEW”, содержащей все необходимые инструменты для работы с генераторами Agilent, а также используемой для создания графических интерфейсов;

- внедрение программы “MATLAB” для автоматизации измерений с генераторами Agilent при помощи инструментов для взаимодействия с протоколами GPIB и SCPI.

В целом, для реализации автоматизированного управления генератором Agilent необходимо выбрать подходящий инструментарий в зависимости от предпочтений и задачи, а затем разработать соответствующий программный код для взаимодействия с генератором и выполнения необходимых операций [2].

Таким образом, современная система автоматизированного управления высокочастотным генератором Agilent позволяет оперативно настраивать параметры генерации сигналов, улучшая точность и скорость технологических процессов. Это позволяет инженерам сосредоточиться на анализе данных, минуя рутинные задачи настройки оборудования.

Библиографический список

1. Agilent N9310A Генератор радиочастотных сигналов // Руководство пользователя – С. 8 – 10.
2. Кудрин, А. В. Использование программной среды “LabVIEW” для автоматизации проведения физических экспериментов [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / А. В. Кудрин. – 2014. – С. 4 – 7.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ С СИНТЕЗИРОВАНИЕМ АПЕРТУРЫ АНТЕННЫ

А. В. Степанова, Д. А. Чистилин

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

В современных условиях при проведении теоретических и практических экспериментов широкое распространение получил метод моделирования. В данное время широко используют имитационные модели – воспроизведение функций системы при помощи других систем, как правило, реализованных на ЭВМ и математические модели – представление функций системы на языке математических отношений.

Применительно к исследованию сложных систем реализация метода математического моделирования на ЭВМ сводится к решению следующих задач [1, 2]: выбор алгоритма, имитирующего процесс функционирования исследуемой системы; имитация выборок случайных входных сигналов с заданными статистическими характеристиками; многократная реализация исследуемого алгоритма под воздействием выборок случайных входных сигналов; статистическая обработка полученных результатов.

Простейшая структура алгоритма математического моделирования изображена на рис. 1.

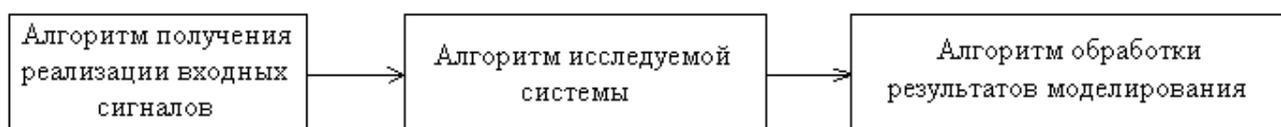


Рис. 1. Структура алгоритма математического моделирования

Математические модели процессов, происходящих в системе, должны учитывать назначение самой моделируемой системы, отражать сущность рассматриваемых в ней явлений, быть достаточно простыми и удобными для практического использования, а также хорошо согласовываться с известными экспериментальными данными.

Структурную схему математической модели радиолокационной системы с синтезированием апертуры антенны (РСА) целесообразно представить в виде, изображенном на рис. 2. Вся модель разбита на отдельные блоки, каждый из которых представлен на рисунке в виде прямоугольника. Реализация каждого блока осуществляется в форме самостоятельных программ (подпрограмм). При проведении широкого круга исследований такой способ является более удобным, так как позволяет компоновать из подпрограмм модель РСА различной сложности при минимальных перестройках программы.

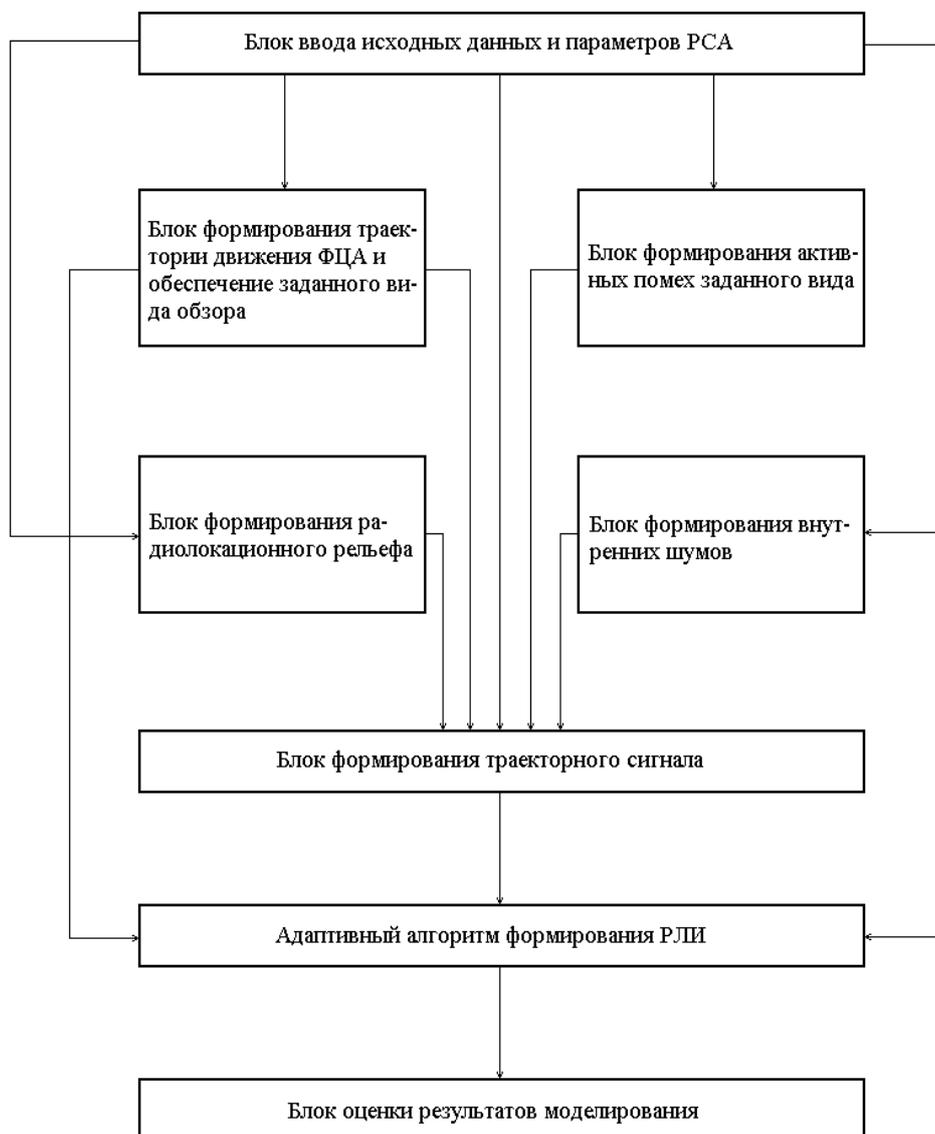


Рис. 2. Схема математической модели РСА

В математической модели реализован алгоритм, который имитирует обработку сигналов в РСА и формирование радиолокационного изображения кадра картографируемого участка местности.

Библиографический список

1. Кузьмин, С. З. Основы проектирования систем цифровой обработки радиолокационной информации / С. З. Кузьмин. – М. : Радио и связь, 1986. – 352 с.
2. Радиолокационные станции с цифровым синтезированием апертуры антенны / под ред. В. Г. Горяинова. – М. : Радио и связь, 1988. – 304 с.

ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ ТИПОВОЙ БОРТОВОЙ РЛС С СИНТЕЗИРОВАНИЕМ АПЕРТУРЫ АНТЕННЫ

П. А. Каптилов, Д. А. Чистилин

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

Одной из наиболее важных характеристик РЛС является ее помехоустойчивость, т.е. способность функционировать с требуемым качеством в условиях воздействия помех. Поэтому для успешного решения задач обработки радиолокационной информации необходимо умение количественно оценить помехоустойчивость методов и алгоритмов обработки, а также технических средств, предназначенных для их реализации.

Одним из показателей помехоустойчивости РЛС является отношение $R_{СП}$ мощностей полезного и помехового сигналов на выходе приемника РЛС [1]. В случае радиопротиводействия со стороны противника, цель на экране индикатора РСА может быть обнаружена по своей отметке на фоне шумовых помех и мешающих отражений подстилающей поверхности. В этом случае вероятностный характер обнаружения определяется отношением удвоенной энергии сигнала E_C , отраженного от цели, к сумме спектральных плотностей собственных шумов приемника N_O и помехи $N_{П}$ а также энергии мешающих отражений фона $N_{Ф}$. В этом случае отношение $R_{СП}$ можно представить в виде

$$R_{СП} = \frac{2E_C}{N_{П} + N_{Ф} + N_O}. \quad (1)$$

Оценка помехоустойчивости типовой РСА выполнена для основных режимов работы: обзор поверхности с доплеровским обужением луча («среднее разрешение» – ДОЛ) и обзор поверхности с фокусированной синтезированной апертурой антенны («высокое разрешение» – ФЛ).

На рисунке 1 представлены зависимости сигнал/помеха $R_{СП\text{ дол}}$ и $R_{СП\text{ фл}}$ от дальности до цели $D_{Ц}$ при различной помеховой обстановке: источник активных помех отсутствует, станция активных помех (САП) и цель разнесены, САП и цель совмещены. Расчет выполнялся для БРЛС, имеющей следующие параметры: $P_{И} = 4,5$ кВт, $G_{ПРД} = 3000$, $\Omega_{СК} = 50^\circ/\text{с}$, $\lambda = 0,03$ м, $\Delta r_{\text{дол}} = 7$ м, $\Delta r_{\text{фл}} = 3$ м, $K_{СЖ} = 100$, $F_3 = 20$ кГц, $\delta x = 3$ м, $\delta \beta = 0,5^\circ$, $\theta_p = 2,4^\circ$, $n_H = 1$, $L_{П} = 1$, $r_{П} = 1$. Обзор участка земной поверхности осуществляется РСА на дальности 50 км, помеховый сигнал поступает по боковым лепесткам ДНА ($g(\theta) = -25$ дБ). РСА решает задачу обнаружения целей с ЭПР $\sigma_{Ц} = 10$ м² на фоне отражений от земной поверхности с удельной отражающей способностью $\sigma_0 = -32$ дБ и в условиях воздействия помех со спектральной плотностью мощности помехового сигнала на выходе станции активных помех $G_{П} = 0,3$ Вт/Гц. Максимальная дальность обнаружения цели будет определяться точкой пересечения полученных кривых и порогового значения $R_{СП\text{ пор}} = 15$ дБ. Вероятность ложной тревоги в этом случае $P_{лт} = 10^{-4}$, а вероятность правильного обнаружения $P_{по} = 0,8$.

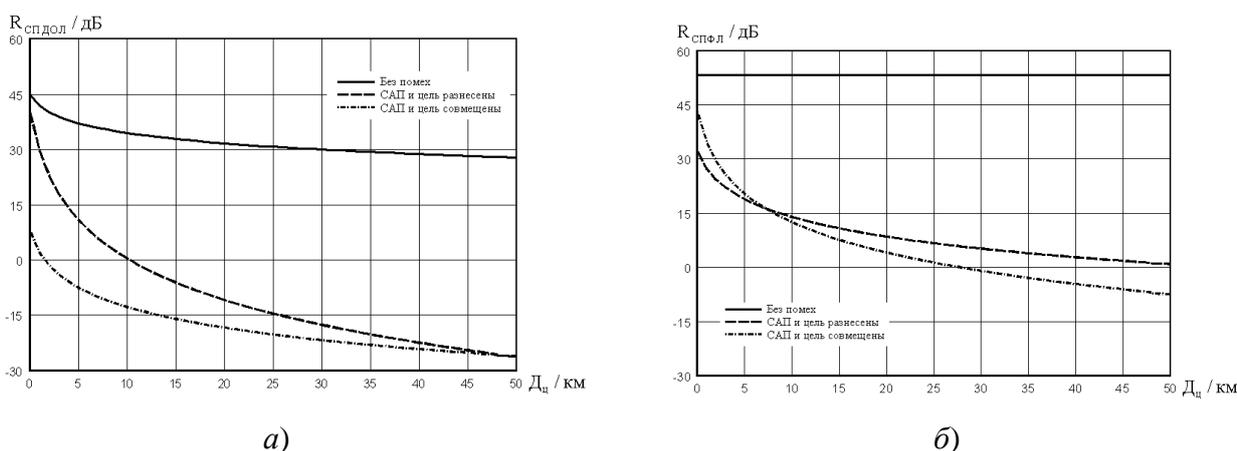


Рис. 1. Зависимости сигнал/помеха $R_{СП\text{ дол}}$ (а) и $R_{СП\text{ фл}}$ (б) от дальности до цели $D_{Ц}$ при различной помеховой обстановке

Анализ рисунка 1 показывает, что воздействие помех приводит к уменьшению величины отношения сигнал/помеха. Так, в случае, когда САП и цель разнесены, в режиме ДОЛ дальность обнаружения цели 4 и 8 км в режиме ФЛ. Наибольшее влияние активных помех на величину отношения сигнал/помеха

происходит в случае, когда САП и цель совмещены ($D_{\text{п}} = D_{\text{ц}}$): в режиме работы ДОЛ обнаружение цели невозможно, а в режиме ФЛ дальность обнаружения цели уменьшается до 8 км.

Библиографический список

1. Обнаружение радиосигналов / П. С. Акимов, Ф. Ф. Евстратов, С. И. Захаров и др. ; под ред. А. А. Колосова. – М. : Радио и связь, 1989. – 288 с.
2. Жибуртович, Н. Ю. Показатели, характеризующие качество работы РСА в условиях организованных помех / Н. Ю. Жибуртович, А. П. Рыжков ; под ред. Г. С. Кондратенкова // Научно-методические материалы по цифровой обработке сигналов. – М. : ВВИА им. Н. Е. Жуковского, 1990. – С. 28 – 40.

МОДЕЛЬ ЭКСПРЕСС-РАСЧЕТОВ ЗАТУХАНИЯ СИГНАЛА В РАДИОЛИНИИ ЧЕРЕЗ ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

А. В. Костюк, А. М. Колесников, А. В. Останков, С. А. Слинчук

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

Данная модель будет построена на основе упрощенной модели расчетов затухания сигнала в линии связи по формуле Введенского и по известным данным ослабления сигнала через материалы стен.

Модель расчетов была выведена на основе формулы Введенского в перекрестном сравнении с известными эмпирическими моделями [1]:

$$L_0 = 37 \lg r - 20 \lg h_1 - 20 \lg \lambda + 116,$$

где r – расстояние между двумя антеннами радиолинии, км; h_1 – высота передающей антенны, м; λ – длина волны передаваемого сигнала, м.

Данная формула была упрощена путем приравнивания высоты приемной антенны к константе, учитывая, что она является мобильной станцией и принята за среднее значение роста человека.

Уточняя данную формулу с учетом затухания сигнала при прохождении через стены сооружений, уточним данную формулу и приведем ее к виду [2]:

$$L_0 = 37 \lg r - 20 \lg h_1 - 20 \lg \lambda + 116 + 2,5 * A,$$

где A – величина поглощения сигнала стеновыми материалами в дБ.

Коэффициент, на который умножается величина поглощения сигнала, взят из соображений среднего количества стен на 1 этаже здания в сечении

(2 стены наружные и усредненное значение внутренних стен без их точного подсчета).

Достоинством данной модели является учитывание крупных сооружений (плотная городская застройка) для прохождения метровых, дециметровых и сантиметровых волн при распространении вблизи поверхности Земли.

Недостатком является неполные данные о прохождении различных диапазонов волн через различную толщину стен из одного материала. Данный недостаток может быть минимизирован путем учета различной влажности в цементном растворе и кирпиче.

Библиографический список

1. Дворников, С. В. Упрощенная модель расчета потерь сигнала в радиолинии, полученная путем сравнения квадратичной формулы Введенского с существующими эмпирическими моделями / С. В. Дворников, А. А. Балыков, А. А. Котов // Системы управления, связи и безопасности. – 2019. – № 2.

2. Рыжов, А. И. Ослабление сверхширокополосных хаотических сигналов диапазона 3...5 ГГц при прохождении через стены зданий / А. И. Рыжов, В. А. Лазарев, Т. И. Мохсени // Журнал радиоэлектроники. – 2012. – № 5.

ОСОБЕННОСТИ ВИРТУАЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ НАДЕЖНОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

А. В. Долматов, Фам Суан Хань

МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Россия
(e-mail: avdolm@yandex.ru; phamxuanhanhld161@gmail.com)

В условиях бурного развития радиоэлектронной промышленности достоверное определение показателей безотказности и долговечности электронных устройств имеет большое значение. Появление сложных технологий и растущая сложность электронных систем подчеркнули необходимость строгих испытаний на надежность. Ускоренное испытание (УИ) уже давно играет основополагающую роль в оценке надежности и ресурса электронных компонентов в стрессовых условиях, повторяющих те, с которыми сталкивается радиоэлектронное оборудование на протяжении всего жизненного цикла. Традиционные методы УИ, хотя и эффективны, все же сталкиваются с рядом ограничений,

среди которых высокая стоимость, длительное время и низкая возможность воспроизведения сложных условий эксплуатации РЭС.

Появление технологий виртуального испытания открывает широкие возможности в области оценки надежности. Путем компьютерного моделирования стрессовых условий и процессов деградации виртуальные УИ дают возможность преодолеть некоторые физические ограничения традиционных методов тестирования. Этот подход не только позволяет сократить время и затраты на испытания, но также способствует более всестороннему исследованию механизмов отказа в различных условиях эксплуатации. Основная цель данной работы – определить роль виртуальных УИ в оценке надежности современных РЭС. Для этого необходимо изучить теоретические основы УИ, исследовать методы виртуализации УИ и интеграцию моделей деградации для точного прогнозирования надежности устройств.

Основными целями УИ и УИ виртуализации РЭС являются:

1. Прогнозирование срока службы РЭС: УИ помогает прогнозировать срок службы РЭС на этапе проектирования, на основании чего производители могут принимать соответствующие решения по стратегии продукта, оптимизировать.

2. Повышение надежности продукции: УИ помогает производителям выявлять стрессовые факторы, влияющие на надежность РЭС, и разрабатывать меры по улучшению и противодействию этим стрессам.

По рисунку 1 видно, что с течением времени количество цифровых (виртуализированных) тестов проводится все больше, а количество нецифровых тестов, наоборот, уменьшается и приближается к минимуму.

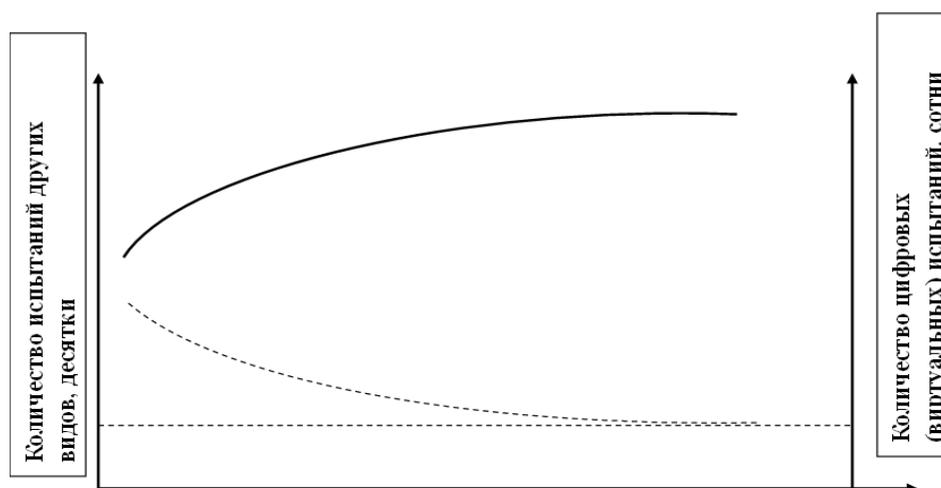


Рис. 1. Снижение объемов испытаний за счет проведения достаточного количества цифровых (виртуальных) испытаний:

— – цифровые (виртуальные) испытания; --- – другие (нецифровые) виды испытаний

С точки зрения основных принципов: УИ использует повышенные стрессовые факторы для воздействия на тестируемый объект, такие как: температура (высокие, низкие или постоянно меняющиеся температуры), влажность, напряжение, вибрация и удары.

Преимущество:

1. Экономия времени и затрат: УИ экономит время и затраты по сравнению с комплексным тестированием, поскольку позволяет собирать данные о надежности за меньшее время.

2. Обнаружение ошибок на более раннем этапе: УИ помогает обнаруживать ошибки на более ранних стадиях проектирования, тем самым снижая затраты на исправление ошибок и сокращая время вывода продукта РЭС на рынок.

3. Помогает оптимизировать конструкцию: УИ помогает выявить слабые места в конструкции продукта, благодаря чему производители могут оптимизировать конструкцию для повышения надежности РЭС.

Виртуализация УИ – это подходящий метод, который легко применять в процессе исследования и разработки продукции, что позволяет производителям повышать надежность электронных устройств, а также активно обнаруживать и исправлять потенциальные дефекты в электронном оборудовании, а также предоставлять научно обоснованную прогнозную информацию для планирования, обслуживания и замены РЭС, особенно в отраслях, требующих высокой надежности, таких как военная, авиационная и т.д.

ВИХРЕТОКОВЫЙ МЕТОД ДВУХЧАСТОТНОГО КОНТРОЛЯ ТОЛЩИН ДВУХСЛОЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКЕ

Ю. Н. Татаринцев

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: yurok20@mail.ru)

При контроле толщин многослойных материалов наиболее оптимальным подходит вихретоковый метод двухчастотного контроля, который относится к бесконтактному неразрушающему контролю.

В работе представлено описание вихретокового метода двухчастотного контроля толщин двухслойных материалов. Сущность метода состоит в том, что формируют высокочастотный и низкочастотный сигналы, которые подают соответственно на первый и второй вихретоковые преобразователи. Проректированное выходное напряжение первого преобразователя поступает для регулирования частоты возбуждающего сигнала второго вихретокового преобразователя. В результате обработки амплитудно-фазовых значений выходного напряжения второго преобразователя определяют толщину первого слоя двухслойного материала. При этом первый вихретоковый преобразователь включают в параллельный колебательный контур, стабилизируя амплитуду его выходного напряжения. Для стабилизации амплитуды выходного напряжения осуществляют регулировку амплитуды токовых импульсов возбуждающего высокочастотного сигнала. После детектирования и усиления разности фаз полученного напряжения между высокочастотным возбуждающим сигналом и выходным напряжением первого преобразователя, используют для регулировки частоты возбуждающего высокочастотного сигнала до значения, соответствующего резонансу колебательного контура. Далее посредством деления частоты высокочастотного сигнала на четный коэффициент, учитывающий электропроводность первого слоя, формируют низкочастотный возбуждающий сигнал, который подают на второй вихретоковый преобразователь.

Данный метод может быть использован для быстрого, бесконтактного определения толщины плоских двухслойных материалов, таких как полупроводниковых пластин, металлических фольг или диэлектрических пленок 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. Семенов / Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2009. – Т. 15, № 3. – С. 667 – 671.

ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВОЙ РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

А. А. Иванов

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

Для решения задач навигации подвижных объектов в последнее время широкое распространение получили навигационные системы на основе многоканальной аппаратуры приема сигналов спутниковых радионавигационных систем. Разработка алгоритмов обработки информации в таких системах осуществляется на принципах, предусматривающих: применение комплексной оптимальной обработки информации; применение методов оптимального оценивания; применение отказоустойчивых алгоритмов, основанных на контроле состояния системы и ее динамической реконфигурации [1 – 4]. В работе [3] были разработаны адаптивные алгоритмы обработки информации в навигационной системе, включающей в свой состав аппаратуру приема сигналов спутниковых радионавигационных систем, датчик скорости (ДС) и инерциальную навигационную систему (ИНС) и структурную схему обработки информации. Обработка информации проводилась в двух каналах: горизонтальном и вертикальном. Для оценивания точности определения координат местоположения и параметров движения в горизонтальном канале был проведен расчет потенциальных характеристик точности на основе решения уравнения Риккати.

На рисунке 1 представлена зависимость изменения во времени среднеквадратической ошибки оценивания координаты местоположения подвижного объекта по оси OX .

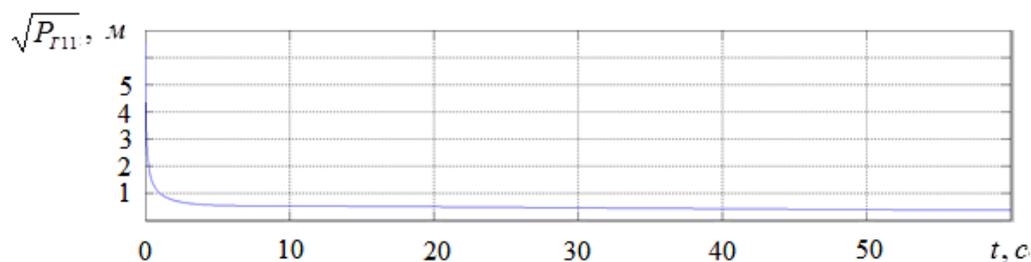


Рис. 1. Зависимость изменения во времени среднеквадратической ошибки оценивания координаты местоположения подвижного объекта по оси OX

Из представленной зависимости видно, что ошибка оценивания убывает со временем и стремится к стационарному значению, имеющему значение порядка 0,36 м. Время переходного процесса составляет около 50 с.

На рисунке 2 представлена зависимость изменения во времени среднеквадратической ошибки оценивания скорости подвижного объекта по оси OX .

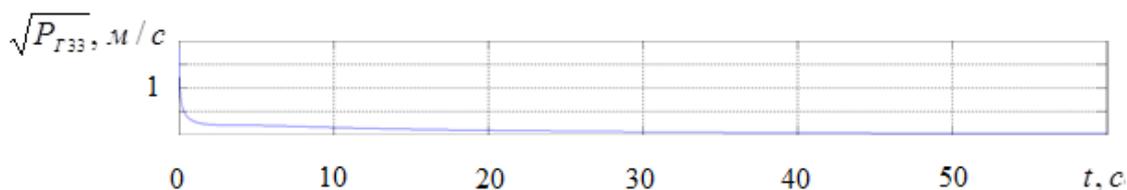


Рис. 2. Зависимость изменения во времени среднеквадратической ошибки оценивания скорости подвижного объекта по оси OX

Из представленной зависимости видно, что ошибка оценивания убывает со временем и стремится к стационарному значению, имеющему значение порядка 0,04 м/с. Время переходного процесса составляет около 40 с.

Потенциальные характеристики точности оценивания координаты местоположения подвижного объекта и его скорости по оси OY имеют аналогичные значения.

Библиографический список

1. 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. – No. 4(62). – P. 360 – 370.

2. Ivanov, A. V. Quasi-Optimal Algorithms for Detection, Identification, and Adaptive Estimation for Information Processing in Navigation Systems of Mobile Ground Objects Based on Satellite Radio Navigation Systems / A. V. Ivanov, V. O. Surkov, D. V. Komrakov // Journal of Communications Technology and Electronics. – 2020. – No. 6(65). – P. 609 – 618.

3. 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.

4. Application of Fuzzy Logic for Control of the Integrity of Navigation Data of Satellite Radio Navigation Systems / A. V. Ivanov, D. V. Boykov, S. P. Moskvitin, A. P. Neguliaeva // 2nd International Conference on Control Systems. Mathematical Modeling. Automation and Energy Efficiency (SUMMA) 11 – 13 Nov. 2020. – Lipetsk, 2020.

ВЫЯВЛЕНИЕ АНОМАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ В НАВИГАЦИОННОМ КОМПЛЕКСЕ ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА

А. В. Иванов, Д. В. Акулов, Е. А. Марон

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

В последнее время широкое распространение получили навигационные комплексы, под которыми понимают совокупность взаимосвязанных между собой бортовых (находящихся на подвижном наземном объекте) технических средств навигации, работа которых, как правило, основана на различных физических принципах и предназначенных для совместного измерения навигационных параметров (элементов) при решении определенных навигационных задач. Взаимосвязь между навигационными измерителями осуществляется с помощью вычислительной системы, находящейся на подвижном наземном объекте.

Для навигационного комплекса, включающего в свой состав аппаратуру приема сигналов спутниковых радионавигационных систем (СРНС), инерциальную навигационную систему (ИНС) и датчик скорости (ДС) методами марковской теории оптимального оценивания были синтезированы для горизонтального канала алгоритмы оценивания координат и параметров движения подвижного объекта [1]. Для синтезированных алгоритмов обработки информации были разработаны алгоритмы выявления аномальных измерений на выходе аппаратуры приема сигналов СРНС. Для определения аномальных измерений полученные прогнозы оценок по координатам X и Y вычитаются из наблюдений, образуя разности (невязки измерений):

$$\Delta X(t_{k+1}) = x^{\text{СРНС}}(t_{k+1}) - x^*(t_{k+1}|t_k) \text{ и } \Delta Y(t_{k+1}) = y^{\text{СРНС}}(t_{k+1}) - y^*(t_{k+1}|t_k).$$

Ошибки ΔX , ΔY носят случайный характер и распределены по гауссовскому (нормальному) закону. Значения среднеквадратических отклонений ошибок зависят от характеристик ионосферы, тропосферы, точности часов, установленных в аппаратуре приема сигналов спутниковой навигационной аппаратуры и на спутнике, и имеют значения, не превышающие определенных заранее рассчитанных значений $\sigma_{X \max}$, $\sigma_{Y \max}$ соответственно.

Ошибки ΔX , ΔY , и ΔH являются взаимонезависимыми ортогональными случайными величинами, поэтому с вероятностью $P = 0,997$ для них выполняется неравенство

$$\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \leq \sqrt{(3\sigma_{x \max})^2 + (3\sigma_{y \max})^2}.$$

В нормальном (без аномальных измерений координат объекта) режиме работы спутниковой навигационной аппаратурой ошибка $\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$ не будет превышать значения величины $\sqrt{(3\sigma_{x_{\max}})^2 + (3\sigma_{y_{\max}})^2}$.

В случае сбоев, проявляющихся в аномальном режиме работы спутниковой навигационной аппаратурой, когда выдается информация о координатах с большей ошибкой, и значения координат будут резко отличаться от значений оценок, ошибка $\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$ будет превышать значение величины $\sqrt{(3\sigma_{x_{\max}})^2 + (3\sigma_{y_{\max}})^2}$. В этом случае можно говорить об аномальных измерениях координат на выходе спутниковой радионавигационной системы.

В соответствии с полученным алгоритмом была разработана функциональная схема обработки информации в навигационных комплексах (рис. 1). В разработанной схеме, помимо оценивания координат местоположения и скорости автомобиля, проводится выявление аномальных измерений на выходе аппаратуры приема СРНС.

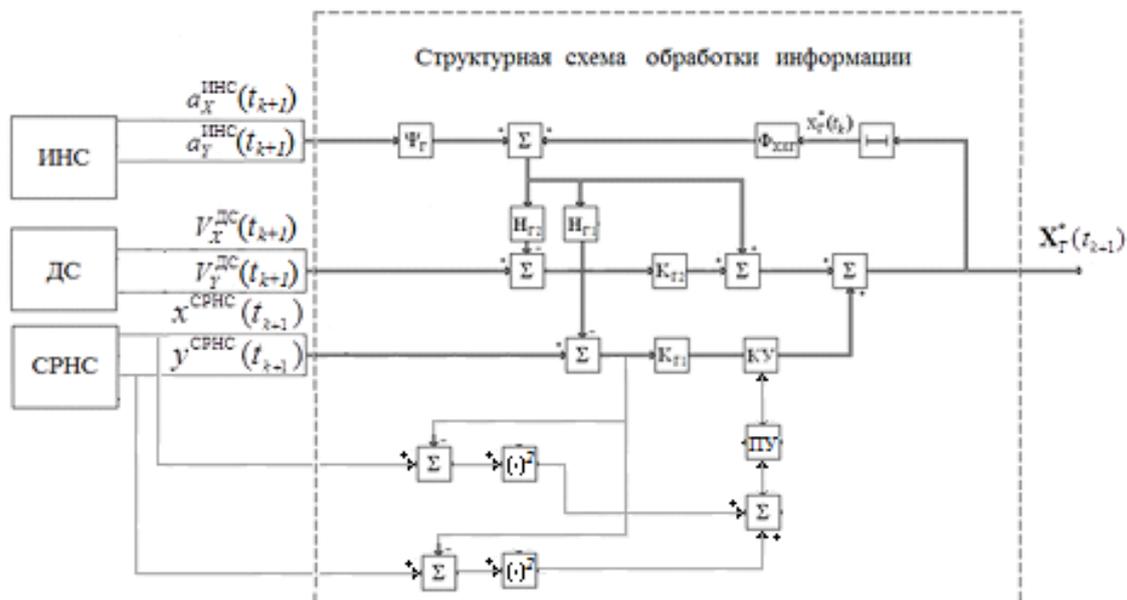


Рис. 1. Схема функциональная обработки информации в навигационном комплексе с выявлением аномальных измерений СРНС

Библиографический список

1. 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.

НАВИГАЦИОННО-ПОСАДОЧНЫЙ КОМПЛЕКС НА ОСНОВЕ ГЛОБАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ И РАДИОВЫСОТОМЕРА

Н. А. Лежнева

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

Летающие беспилотные высокоавтоматизированные транспортные средства должны обеспечиваться высокоточными навигационно-посадочными комплексами. Для повышения точности определения высоты и вертикальной скорости целесообразно ввести в состав комплекса аппаратуру приема сигналов глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и радиовысотомер (РВ), инерциальную навигационную систему (ИНС) и барометрический высотомер (БВ). Тогда вектор наблюдения $\Xi(t_{k+1}) = [\xi_1(t_{k+1}), \xi_2(t_{k+1}), \xi_3(t_{k+1})]^T$ будет включать наблюдения на выходе БВ $\xi_1(t_{k+1}) = H_{\text{ОТН}}^{\text{БВ}}(t_{k+1})$, аппаратуры приема сигналов СРНС $\xi_2(t_{k+1}) = H^{\text{СРНС}}(t_{k+1})$ и РВ $\xi_3(t_{k+1}) = H_{\text{РВ}}(t_{k+1})$. Выходные сигналы ИНС отнесем к вектору управления. Для получения алгоритмов комплексной оптимальной обработки информации в навигационно-посадочном комплексе используем методы марковской теории оптимального оценивания [1 – 4]. Применяя данные методы, синтезируем алгоритмы обработки информации в навигационно-посадочном комплексе.

После проведения постановки задачи и синтеза получим оценку вектора состояния $\mathbf{X}^\bullet(t_k) = [H^\bullet_{\text{ИСТ}}(t_k), V^\bullet_z(t_k), \Delta H^\bullet(t_k), \Delta^\bullet_{aZ}(t_k)]^T$, который включает оценку истинной высоты, вертикальной скорости, постоянной ошибки БВ и постоянной ошибки ИНС:

$$\begin{aligned} \mathbf{X}^*(t_{k+1}) = & \Phi_{xx}(t_{k+1}, t_k) \mathbf{X}^*(t_k) + \Psi(t_{k+1}, t_k) \mathbf{W}(t_k) + \mathbf{K}_1(t_{k+1}) [\xi_1(t_{k+1}) - \\ & - \Phi_{uu}(t_{k+1}, t_k) \xi_1(t_k) - \mathbf{H}_1(t_{k+1}) \Psi(t_{k+1}, t_k) \mathbf{W}(t_k) + \Phi_{uu}(t_{k+1}, t_k) \mathbf{H}_1(t_k) \mathbf{X}^*(t_k) - \\ & - \mathbf{H}_1(t_{k+1}) \Phi_{xx}(t_{k+1}, t_k) \mathbf{X}^*(t_k)] + \mathbf{K}_2(t_{k+1}) [\xi_2(t_{k+1}) - \mathbf{H}_2(t_{k+1}) \Psi(t_{k+1}, t_k) \mathbf{W}(t_k) - \\ & - V - \mathbf{H}_2(t_{k+1}) \Phi_{xx}(t_{k+1}, t_k) \mathbf{X}^*(t_k)] + \mathbf{K}_3(t_{k+1}) [\xi_3(t_{k+1}) - \mathbf{H}_3(t_{k+1}) \Psi(t_{k+1}, t_k) \mathbf{W}(t_k) - \\ & - \mathbf{H}_3(t_{k+1}) \Phi_{xx}(t_{k+1}, t_k) \mathbf{X}^*(t_k)], \end{aligned}$$

где $\mathbf{K}_1(t_{k+1})$, $\mathbf{K}_2(t_{k+1})$ и $\mathbf{K}_3(t_{k+1})$ вектор-столбцы матрицы оптимальных коэффициентов передачи $\mathbf{K}(t_{k+1}) = [\mathbf{K}_1(t_{k+1}) : \mathbf{K}_2(t_{k+1}) : \mathbf{K}_3(t_{k+1})]$.

Уравнение определяет структуру канала оптимальной обработки выходных сигналов ГНСС, БВ и ИНС. Матрица оптимальных коэффициентов передачи $\mathbf{K}(t_{k+1})$ определяется соотношениями:

$$\mathbf{K}(t_{k+1}) = [\Phi_{xx}(t_{k+1}, t_k) \mathbf{P}(t_k) \Phi_{yx}^T(t_{k+1}, t_k) + \mathbf{V}_{xy}] [\mathbf{V}_{yy}^{-1} + \Phi_{yx}(t_{k+1}, t_k) \mathbf{P}(t_k) \Phi_{yx}^T(t_{k+1}, t_k)]^{-1};$$

$$\mathbf{P}(t_{k+1}) = \Phi_{xx}(t_{k+1}, t_k) \mathbf{P}(t_k) \Phi_{xx}^T(t_{k+1}, t_k) - \mathbf{K}(t_{k+1}) [\mathbf{V}_{xy} + \Phi_{xx}(t_{k+1}, t_k) \mathbf{P}(t_k) \Phi_{yx}^T(t_{k+1}, t_k)]^T,$$

в которых $\mathbf{P}(t_{k+1})$ – матрица вторых центральных моментов (ковариаций) ошибок оценивания; $\Phi_{yx}(t_{k+1}, t_k)$, \mathbf{V}_{xy} , \mathbf{V}_{yy} , $\Phi_{yx}(t_{k+1}, t_k)$, \mathbf{V}_{xy} , \mathbf{V}_{yy} известные матрицы.

Структурная схема обработки информации в навигационно-посадочном комплексе по сигналам ГНСС, РВ, ИНС и БВ представлена на рис. 1.

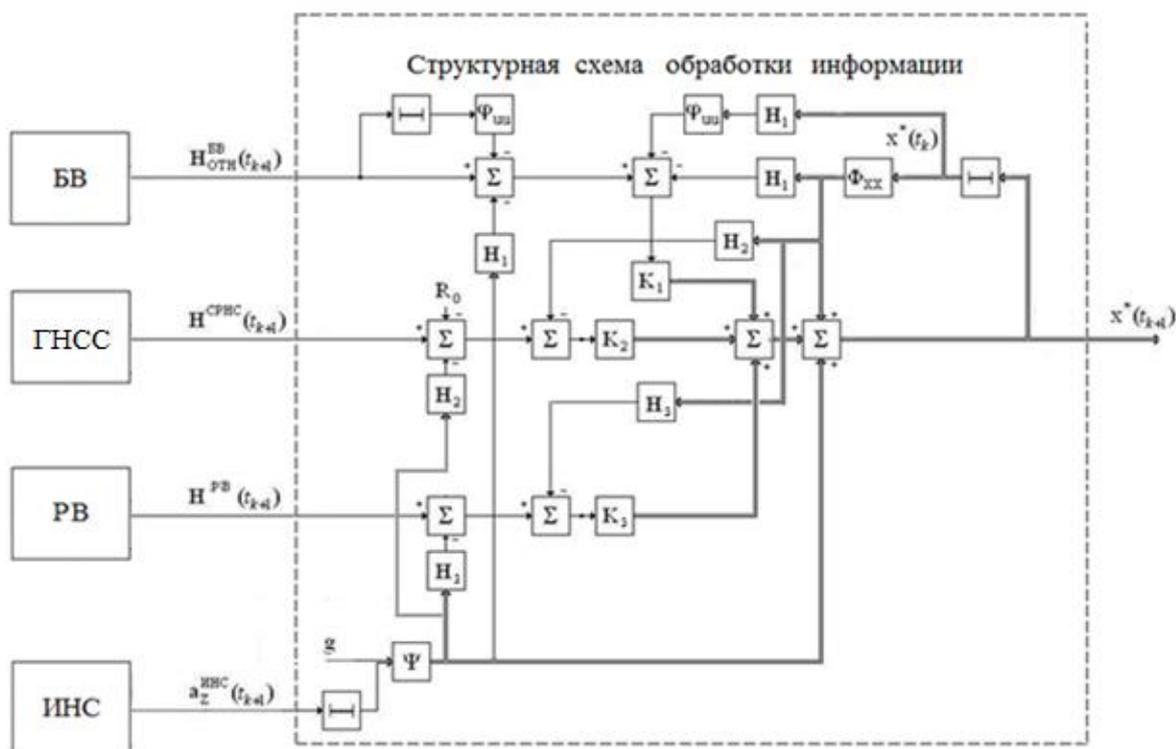


Рис. 1. Структурная схема обработки информации в навигационно-посадочном комплексе по сигналам ГНСС, РВ, ИНС и БВ

Библиографический список

1. 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. – No. 4(62). – P. 360 – 370.

2. Ivanov, A. V. Quasi-Optimal Algorithms for Detection, Identification, and Adaptive Estimation for Information Processing in Navigation Systems of Mobile Ground Objects Based on Satellite Radio Navigation Systems / A. V. Ivanov, V. O. Surkov, D. V. Komrakov // Journal of Communications Technology and Electronics – 2020. – No. 6(65). – P. 609 – 618.

3. Application of Fuzzy Logic for Control of the Integrity of Navigation Data of Satellite Radio Navigation Systems / A. V. Ivanov, D. V. Boykov, S. P. Moskvitin, A. P. Neguliaeva // 2nd International Conference on Control Systems. Mathematical Modeling. Automation and Energy Efficiency (SUMMA) 11 – 13 Nov., 2020. – Lipetsk, 2020.

4. 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.

ФОРМИРОВАНИЕ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ СПЕЦИАЛЬНОЙ ФОРМЫ НА ОСНОВЕ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ МЕТОДОМ ОКОННЫХ ФУНКЦИЙ

А. Г. Шишкин, С. А. Слинчук

Воронежский государственный технический университет, Россия, Воронеж
(e-mail: toscha.schisckin2016@yandex.ru; sslinchuk@gmail.ru)

Эффективное функционирование современных радиосистем в условиях сложной помеховой обстановки, обусловленной нерешенной и постоянно усугубляющейся проблемой электромагнитной совместимости, возможно лишь при использовании специфических научно-технических методов, направленных на повышение помехозащищенности. Одним из таких действенных методов повышения помехозащищенности является адаптация направленных свойств антенных решеток по текущую помеховую обстановку.

Для того чтобы сформировать ДН нетривиальной, а заданной специальной формы, адаптированной к ослаблению мешающих радиоволн, возбуждающих решетку по заранее известным угловым направлениям, приходится

на боковые лепестки ДН, необходимо автоматически сгенерировать на раскрыве решетки строго определенное амплитудно-фазовое распределение. Главная проблема, при этом возникающая, состоит, во-первых, в выборе конкретной функции, определяющей оптимальное распределение поля, а во-вторых, в минимизации времени, отводимого под процедуру расчета подобного амплитудно-фазового распределения.

Реализация специальной ДН в части формирования провала в области боковых лепестков заключается в умножении исходной диаграммы направленности антенной решетки $F(\Theta)$, обусловленной текущим амплитудно-фазовым распределением, на оконную функцию $W(\Theta)$, имеющую единичный уровень вне области подавления и минимальное, близкое к нулю, значение в угловом секторе, в котором планируется снижение уровня бокового излучения:

$$F_{\Sigma}(\Theta) = F(\Theta) \cdot W(\Theta). \quad (1)$$

Для расчета амплитудно-фазового распределения тока (поля) на раскрыве (элементах) антенной решетки с провалом в области боковых лепестков достаточно использовать обратное преобразование Фурье [6]:

$$\dot{A}_k = \frac{1}{2\pi} \cdot \int_{-\pi/2}^{+\pi/2} F_{\Sigma}(\Theta) \cdot \exp(+jk_0 x_k \sin(\Theta)) d\Theta, \quad (2)$$

где k_0 – волновое число свободного пространства; x_k – продольная координата k -го элемента антенной решетки; Θ – угол наблюдения.

Заметим, что ограничения, связанные с точностью реализации специальной ДН, определяемой формулой (1), во многом обусловлены дискретностью амплитудно-фазового распределения, получаемого в соответствии с (2), а также необходимостью пространственного ограничения такого распределения.

При исследовании эффективности формирования провалов, угловой сектор сниженного уровня приема выбирался так, чтобы он приходился на первый боковой лепесток исходной диаграммы направленности. Число элементов решетки взято равным тридцати, расстояние между элементами – половине длины волны в свободном пространстве. Использовано прямоугольное окно. Получены результаты для случая равномерного исходного распределения и распределения типа «косинус на пьедестале». Сравнение фактической диаграммы направленности с исходной показывает, что в первом случае уровень максимального бокового лепестка снизился на 7,5 дБ при исходном уровне «минус» 13,2 дБ. Во втором случае уменьшение уровня первого бокового лепестка составило 6,9 дБ при исходном уровне «минус» 20,4 дБ. Заметим, что существенное снижение уровня первого бокового лепестка сопровождается

некоторым увеличением остальных. Получены расчетные распределения на раскрыве решеток. И если исходное фазовое распределение, например, было равномерным (синфазным), то после умножения на прямоугольное окно фазы полей на элементах решетки становятся неодинаковыми, что естественно осложняет техническую реализацию метода.

Таким образом, установлено, что умножение исходной диаграммы направленности антенной решетки на оконную функцию позволяет сформировать специальную диаграмму направленности со сниженным уровнем бокового излучения в заданном секторе углов. Заметим, что описанная в методике оконная функция в первом приближении может быть различной формы: прямоугольная, треугольная, сглаженная (например, Хэмминга, Ланцоша и т.п.).

АНАЛИЗ ДАТЧИКОВ ИЗМЕРЕНИЯ РАССТОЯНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В РОБОТИЗИРОВАННЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Н. Д. Долгих, Е. А. Сукачева, А. И. Сукачев, Р. В. Кузьменко

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»,
Россия, Воронеж
(e-mail: mag.dip@yandex.ru)

В современном мире, где логистические цепочки поставок играют огромную роль, проблема автоматизации складских помещений становится как никогда явной. Сейчас разрабатывается множество различных решений для упрощения процесса автоматизации, одним из таких решений может стать роботизированная подвижная платформа. Данные платформы используют множество разнообразных сенсоров для ориентирования в пространстве, таких как инерциальные датчики, камеры и датчики расстояния.

Перед выбором необходимого типа сенсоров необходимо рассмотреть их более подробно. Начнем рассмотрение с инерционных датчиков. К их достоинствам можно отнести низкую стоимость и низкое энергопотребление, однако за этими плюсами скрывается ряд недостатков, таких как: чувствительность к внешним воздействиям и необходимость периодической калибровки. Далее рассмотрим камеры. К достоинствам камер можно отнести: богатую информативность, но за этим достоинством скрывается ряд недостатков, таких как: высокая стоимость самих камер, чувствительность к освещению. Последний вид сенсоров – это датчики расстояния. Главными достоинствами этих датчи-

ков является: высокая точность, простота использования и невосприимчивость к шуму, но эти датчики также обладают и рядом недостатков, такими как ограниченная дальность действия, но этот недостаток является не критичным. Далее проведем теоретическое сравнение некоторых датчиков и проверим их заявленные характеристики.

Ультразвуковой датчик AJ-SR04M является датчиком малого радиуса действия с максимальной дальностью измерения 8 м. Точность датчика составляет ± 2 мм.

Ультразвуковой датчик HC-SR04 с цифровым выходом является датчиком малого радиуса действия с максимальной дальностью измерения 4 м. Точность датчика составляет ± 3 мм.

Было принято решение провести исследование характеристик этих датчиков в натуральных условиях. Были собраны цепи на базе микроконтроллера Arduino Nano v3.0 и написано специальное ПО для увеличения наглядности и упрощения понимания.

Результаты исследования занесены в таблицу с пометкой измеренные. Как видно из табл. 1, минимальная дальность измерения соответствует заявленной у AJ-SR04M, а у HC-SR04 не соответствует, а именно разница составляет в 10 раз. При этом с максимальной дальностью ситуация противоположная. При этом разница у AJ-SR04M измеренное с табличным составляет 2 м. Точность измерения в случае натурального эксперимента ниже заявленной в 2 раза.

Таким образом, с учетом вышесказанного, в зависимости от типа роботизированного комплекса целесообразно применять оба варианта датчиков.

1. Технические характеристики датчиком расстояний

Название датчиков	AJ-SR04M	HC-SR04
Тип датчика	Ультразвуковой	Ультразвуковой
Дальность измерения в метрах	0,2...8,0	0,02...4,
Точность измерения	± 2 мм	± 3 мм
Питание в вольтах	5	5
Минимальная дальность измерения в метрах (измеренная)	0,2	0,2
Максимальная дальность измерения в метрах (измеренная)	6	4
Точность измерения (измеренная)	± 4 мм	± 6 мм
Угол измерения	75°	30°

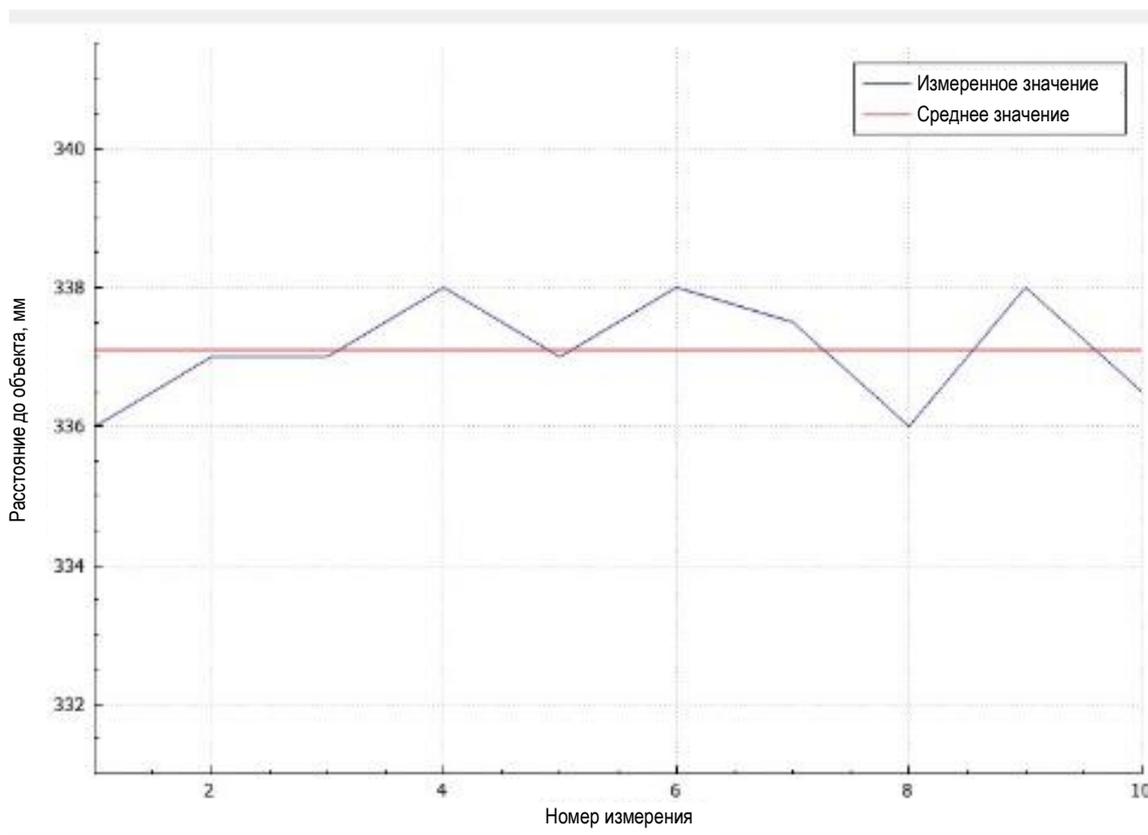


Рис. 1. Результат работы программы при измерении на расстояние 340 мм датчика AJ-SR04M

ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ И МИКРОПРОЦЕССОРОВ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

С. Н. Данилов

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

Первый патент на однокристалльную микроЭВМ был выдан в 1971 году. Сотрудники Texas Instruments предложили на одном кристалле разместить не только микропроцессор, но и память, устройства ввода-вывода. Именно с появлением микроконтроллеров связывают начало эры компьютерной автоматизации в области управления и обработки сигналов. Без них не был бы возможен прогресс в основных областях телекоммуникационных технологий:

- широкое использование достижений электродинамики (например, антенны ММО, современные ФАР и т.д.);
- статистической теории радиотехнических систем (например, близкие к оптимальным методы приема и обработки сигналов, такие методы модуляции как OFDMA, применение сигнально-кодовых конструкций и т.д.);

– теории информации (эффективные методы канального кодирования, осуществление таких функций асимметричной криптографии как аутентификация, цифровая подпись, обеспечение целостности информации и т.д.).

В начале коротко о микроконтроллерах со встроенным миниатюрным радиопередатчиком и радиоприемником. Это, например, модули rfRXD, которые при совместном использовании позволяют создавать простые и недорогие устройства для беспроводного сбора и передачи данных и дистанционного управления по радиоканалу.

Для передатчика важным элементом является синтезатор частот (DSS). Синтезаторы всегда находили очень широкое применение в радиосвязи. Несмотря на то, что и раньше, и в настоящее время все еще популярны синтезаторы на основе ФАПЧ, все чаще применяются прямые цифровые синтезаторы, имеющие ряд уникальных возможностей. Параметры некоторых типов синтезаторов приведены в табл. 1.

1. Параметры некоторых типов синтезаторов

Тип	F_{max} , МГц	Код sin, бит	Код cos, бит	Встроен н. ЦАП	Модуляция
HSP45102	40	12	-	-	QPSK, BFSK
HSP45106	33	16	16	-	FM, PM, PSK, FSK
HSP45116	52	16	16	-	AM, FM, PM, PSK, FSK, QAM
ISL5314	125	14	-	+	QPSK, FSK
Q2240I-3	100	12	-	-	
Q2368	130	12	-	-	BFSK, BPSK, QPSK, PSK
Q2334	50	12	-	-	PSK, FSK, BFSK
AD7008	50	10	-	+	AM, QAM, PSK, FSK
AD9831	25	10	-	+	PSK, FSK
AD9830	50	10	-	+	PSK, FSK
AD9850	125	10	-	+	PM, FM
AD9835	50	10	-	+	PSK, FSK
AD9852	300	12	12*	+	AM, FM, PSK, FSK
AD9856	160	12	-	+	AM, QAM

Первые синтезаторы появились в начале 1970-х годов прошлого века. Сейчас существует много микросхем полных DDS и есть удобные средства разработки.

DDS уникальны своей цифровой определенностью:

- генерируемый сигнал синтезируется с большой точностью;
- параметры сигнала в любой момент точно известны и подконтрольны;
- DDS не подвержены температурному дрейфу и старению.

Единственным элементом, который вносит нестабильность – цифро-аналоговый преобразователь. В последнее время DDS вытесняют обычные аналоговые синтезаторы частот.

Основные преимущества DDS:

- цифровое управление частотой и фазой;
- очень высокое разрешение по частоте и фазе (сотые – тысячные доли Гц при $f_{\text{вых}}$ в десятки и сотни МГц);
- практически мгновенный переход на другую частоту (или фазу) без разрыва фазы, без аномалий переходного процесса (скорость перестройки ограничена только быстродействием управляющего интерфейса);
- легко реализовать управление с помощью контроллера;
- для квадратурных синтезаторов имеются DDS с I и Q выходами, которые работают согласованно;
- поскольку выходной сигнал синтезируется в цифровом виде, очень просто осуществить модуляцию различных видов.

Ограничивает применение DSS, особенно в мобильной связи, то, что при высоких частотах синтеза потребляемая мощность процессора достигает таких величин, что становится необходимой установка радиатора и вентилятора для охлаждения.

Приемники. Современные методы когерентной обработки сигналов в радиотехнике ведут свое начало от работ Г. Найквиста, В. Котельникова, В. Сифорова, Н. Петровича и др. Первую практическую схему синхронного приема создал в 1932 г. французский инженер О. Бельсиз.

Наиболее эффективная реализация методов когерентной обработки, в конце концов, стала возможна на основе цифровой техники. В 1970-х годах появляются цифровые сигнальные процессоры – специализированные микроконтроллеры, предназначенные для цифровой обработки сигналов (обычно в реальном масштабе времени). Эта функция реализована благодаря высокой скорости работы этих процессоров и заложенной в них специальной системе команд поддерживающей функции цифровой фильтрации и быстрого преобразования Фурье.

В основе метода одного из наиболее широко востребованных типов модуляции (OFDM) в мобильной связи, цифровых стандартах телевидения DVB-T, DVB-T2 и цифровом радиовещании лежит алгоритм дискретного преобразования Фурье (прямого и обратного), вычисления для которого можно реализовать только с помощью высокопроизводительного процессора (возможный размер обрабатываемых массивов более $3 \cdot 10^4$).

В современной криптографии для обеспечения конфиденциальности, целостности информации, цифровой подписи широко применяются вычисления с большими численными массивами, в частности операция XOR, полиномиаль-

ные операции в конечных полях и т.п. В области криптоанализа востребованы, например, процедуры факторизации, требующие очень больших вычислительных мощностей.

В области помехоустойчивого (канального) кодирования вычислительные процедуры выполняются в режиме реального времени, в частности, в широко распространенном и очень эффективном методе помехоустойчивого кодирования Рида–Соломона. Количество проверочных символов этого кода всего лишь в два раза больше кратности ошибки. Но метод требователен к вычислительной мощности процессора, так как декодирование необходимо выполнить в реальном масштабе времени. Декодирование здесь – это последовательное выполнение вычислений в соответствии со сложным алгоритмом Берлекэмп–Месси (либо простым, но относительно медленным Евклидовым алгоритмом), затем алгоритмом Ченя, затем алгоритмом Форни. Это требует времени.

Большое значение в радиосвязи имеет экономное кодирование. Оно позволяет за счет избыточности в передаваемых сообщениях повысить скорость передачи. Для текстовых сообщений часто используют префиксное кодирование. Одной из важных задач вычислительной техники является сжатие изображений и видео. Оно базируется на выполнении дискретно-косинусного преобразования для изображений и технологии цифровой компрессии видеосигнала, позволяющей сократить объем данных, передаваемых в видеопотоке. Последняя основана на технологии компенсации движения, которая позволяет находить и не повторять передачу похожих участков кадра, даже если они сдвинуты относительно предыдущего кадра.

Библиографический список

1. 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*. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112, pp. 1.

2. Panasyuk, Yu. N. Synthesis of an Algorithm for Angle Measurement Channel of the Information-Measuring System of a Maneuvering Aircraft Given its Dynamic and Kinematic Characteristics / Yu. N. Panasyuk, A. P. Pudovkin, S. N. Danilov // *1st International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA*. – 2019. – P. 73 – 76.

3. Иванов, А. В. Адаптивное оценивание и идентификация сигналов спутниковых радионавигационных систем в навигационных системах / А. В. Иванов, С. П. Москвитин, В. О. Сурков // *Вестник Тамбовского государственного технического университета*. – 2018. – Т. 24, № 1. – С. 44 – 57.

4. Чернышова, Т. И. Информационная технология оценки метрологической надежности информационно-измерительных систем с учетом влияния внешних факторов / Т. И. Чернышова, М. А. Каменская // *Материалы VI Междунар. НТК студентов, молодых ученых и специалистов.* – 2019. – С. 172–173.

5. Применение калмановской фильтрации для метода динамических весовых коэффициентов в третичной обработке информации / А. И. Рогачев, А. И. Сустин, Ю. Н. Панасюк и др. // *Вестник Тамбовского государственного технического университета.* – 2018. – Т. 24, № 1. – С. 44 – 57.

ВЛИЯНИЕ РЕНТГЕНОВСКИХ ЛУЧЕЙ НА РАДИОКОМПОНЕНТЫ

П. Д. Евстафьев

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: pavel-ev111@yandex.ru)

Актуальность темы заключается в изучении влияния рентгеновского излучения на радиокомпоненты электронных устройств.

В ходе работы определим влияние рентгеновского излучения на электронные компоненты. Большие поглощенные дозы излучения потенциально могут повредить полупроводниковые компоненты. Как правило, доза излучения, которую поглощают компоненты при рентгеновском контроле, составляет тысячные доли. В дальнейшем эти дозы привели бы к повреждению полупроводниковых компонентов [1].

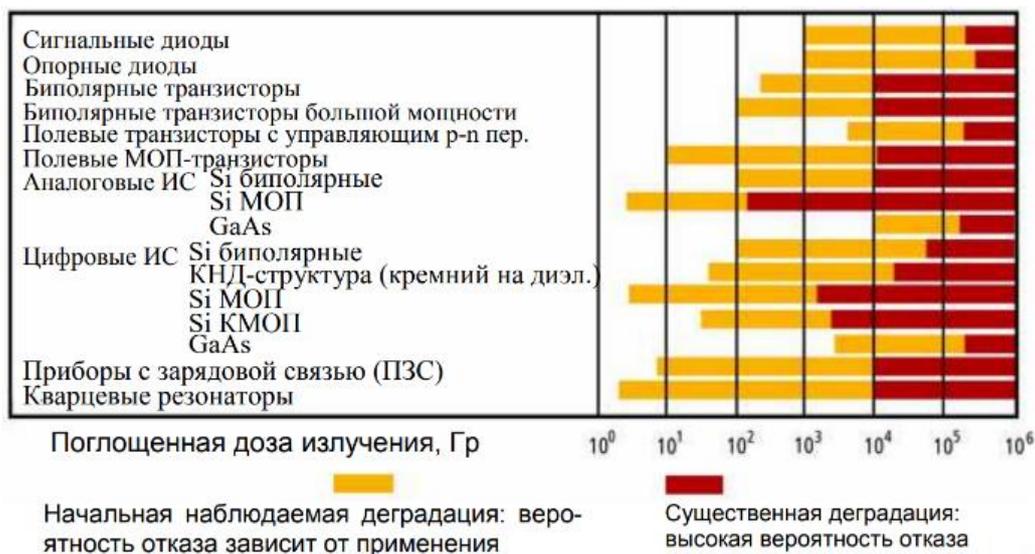


Рис. 1. Поглощенные дозы излучения, способные приводить к отказу полупроводниковых компонентов

Поглощенные дозы излучения, способные приводить к отказу полупроводниковых компонентов, приведены на рис. 1. Напомним, что единицей измерения поглощенной дозы излучения является грей, 1 Гр равен поглощенной дозе излучения, при которой облученному веществу массой 1 кг передается энергия ионизирующего излучения 1 Дж.

На рисунке 2 показаны спектр излучения при напряжении трубки 130 кВ (черная кривая) и зависимость массового коэффициента ослабления кремнием от энергии кванта рентгеновского излучения (красная кривая). Чувствительность детектора проиллюстрирована фоном, чем светлее – тем больше чувствительность в данном энергетическом диапазоне. Так же на рис. 2 видно, что кремний сильно поглощается в области, на которую приходится незначительная часть энергии излучения.

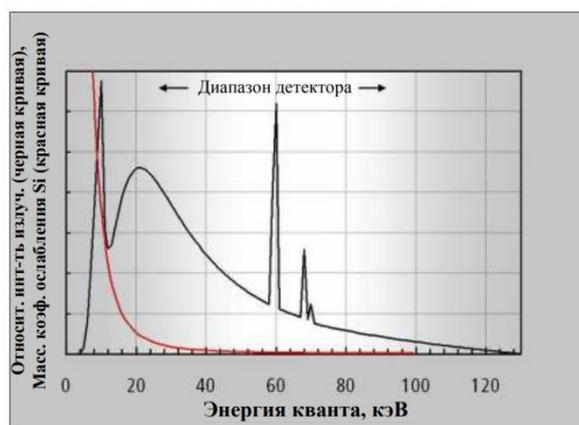


Рис. 2. Спектр излучения при напряжении трубки 130 кВ

Оценить поглощенную дозу излучения и, следовательно, вероятность отказа из-за деградации, вызванной воздействием рентгеновских лучей, можно умножить мощность поглощенной дозы на время воздействия излучения на объект и таким образом получим поглощенную дозу излучения.

Сравнивая определенную поглощенную дозу излучения со следующими значениями, представленными на рис. 1, можно выполнить оценку вероятности отказа.

Изучив прямое влияние рентгеновских лучей, возникает вопрос о способах уменьшения дозы облучения при контроле очень чувствительных образцов.

Рассмотрим все существующие способы уменьшения дозы облучения.

1) двухслойная мишень (сверху – вольфрам, снизу – бериллий): бериллий ослабляет потенциально опасное мягкое рентгеновское излучение;

2) минимизировать время воздействия излучения с помощью применения автоматизированного порядка инспекции;

3) использовать режим излучения малыми дозами и подвергать образец излучению только во время генерации рентгеновского снимка;

4) использовать устройство для получения пучков параллельных лучей и подвергать излучению только ту часть образца, изображения которого выводится на экран [2].

Библиографический список

1. Павлинский, Г. В. Основы физики рентгеновского излучения / Г. В. Павлинский. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 240 с.

2. Зарипова, Л. Д. Основы радиационного неразрушающего контроля : учебно-методическое пособие / Л. Д. Зарипова, Р. А. Назипов, А. С. Храмов. – Казань : Изд-во Казанского. гос. ун-та, 2008. – 66 с.

УЛУЧШЕНИЕ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ ЛИНЕЙНОЙ РАВНОАМПЛИТУДНОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ

Ю. Г. Хренова, В. В. Ковалевская

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

Антенные решетки в последнее время находят широкое гражданское и военное применение. В ряде случаев рационально применять антенные решетки с равноамплитудным и синфазным распределением на раскрыве [1]. Однако уровень бокового излучения эквидистантной равноамплитудной антенной решетки является в некоторых случаях недостаточно малым [2], в особенности для разреженных линейных решеток.

Улучшение направленных свойств линейной антенной решетки в части минимизации уровня бокового излучения при неизменном равномерном амплитудно-фазовом распределении возможно за счет неэквидистантного расположения элементов решетки. Исследован вариант симметричной неэквидистантной равноамплитудной решетки заданной длины, состоящей из изотропных элементов (рис. 1).

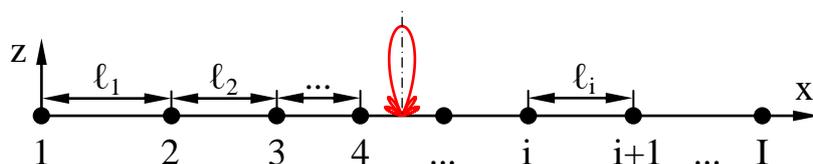


Рис. 1. Используемая модель антенной решетки

Наименьший уровень бокового излучения антенной решетки в плоскости xOz обеспечивался путем квазиоптимального продольного смещения (ℓ_k) неэквилидистантно расположенных элементов друг относительно друга. Длина решетки (ξ) предполагалась фиксированной. Заметим, что для некоторых вариантов она была такой величины, что в случае эквилидистантного расположения элементов расстояние между ними превышало бы половину длины волны ($0,5 \cdot \lambda$). Для характеристики решеток использован показатель разрежения $\beta = \xi / \lambda \cdot (I - 1)$, где I – число элементов. Авторами исследованы антенные решетки с разнообразными значениями показателя разрежения: от 0,5 до 1 и более в отличие, например, от [3, 4]. При определении квазиоптимальных значений смещений элементов антенной решетки, при которых уровень бокового излучения является минимальным, использована одна из разновидностей эволюционного алгоритма – генетический алгоритм [5 – 7].

В докладе представлены квазиоптимальные смещения (ℓ_k) элементов неэквилидистантных решеток для разных значений показателя разрежения (β) и числа элементов решетки (I). Для каждого варианта исходных данных приводятся максимальные уровни боковых лепестков диаграммы направленности.

Установлено, что при минимальном значении исследованного показателя разрежения $\beta = 0,5$ обеспечивается выигрыш ($\Delta\xi$) по уровню бокового излучения неэквилидистантной решетки по сравнению с эквилидистантной. Так, если число элементов антенной решетки $I = 4$, то $\Delta\xi = 4,2$ дБ, если $I = 8$ – $\Delta\xi = 5,6$ дБ, $I = 12$ – $\Delta\xi = 7,8$ дБ.

Библиографический список

1. Анпилогов, В. Неэквилидистантная антенная решетка с низким уровнем боковых лепестков / В. Анпилогов, А. Эйдуc // Технологии и средства связи. – 2017. – № 2(119). – С. 40 – 43.
2. Основы теории антенн : учебное пособие / А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк, А. А. Иванков и др. – Тамбов : ГОУ ВПО ТГТУ, 2011. – 92 с.
3. Останков, А. В. Минимаксный уровень бокового излучения равноамплитудной неэквилидистантной антенной решетки / А. В. Останков, С. А. Антипов, Ю. С. Сахаров // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2013. – Т. 9, № 6-3. – С. 10 – 12.
4. Potentially Achievable Levels of Lateral Radiation of an Equal-Amplitude Nonuniformly-Filled Array / A. Ostantkov, K. M. San, O. Chernoyarov, S. Pergamenchtchikov // Proceedings of the 13th International Conference on Measurement. Virtual, Smolenice Castle. – 2021. – P. 216 – 219.

5. Карасев, А. С. Синтез разреженной линейной антенной решетки с сохранением ширины главного лепестка и минимальным пиковым уровнем боковых лепестков при помощи генетического алгоритма / А. С. Карасев, М. А. Степанов // Журнал радиоэлектроники. – 2022. – № 5.

6. 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, ICFSP 2019. – Marseille, 2019. – P. 117 – 120.

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.

ЛИНЕЙНАЯ ПЕРИОДИЧЕСКАЯ АНТЕННА С ВЫСОКИМ КОЭФФИЦИЕНТОМ УСИЛЕНИЯ

В. С. Вагнер, А. В. Останков

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

Линейная антенна с высоким коэффициентом усиления предназначена для формирования узкой диаграммы направленности (ДН) в одной плоскости и может быть реализована в диапазоне СВЧ на основе периодической антенны вытекающей волны [1 – 3].

Разработана антенна на основе плоского диэлектрического волновода, интегрированного с периодической металлической решеткой с прямоугольными канавками (рис. 1). Интеграция волновода с решеткой предполагает монолитность конструкции излучающего раскрытия – отсутствие зазоров между диэлектрическим материалом и проводящей поверхностью решетки [4]. Возбуждение антенны проводится рупорно-линзовым устройством.

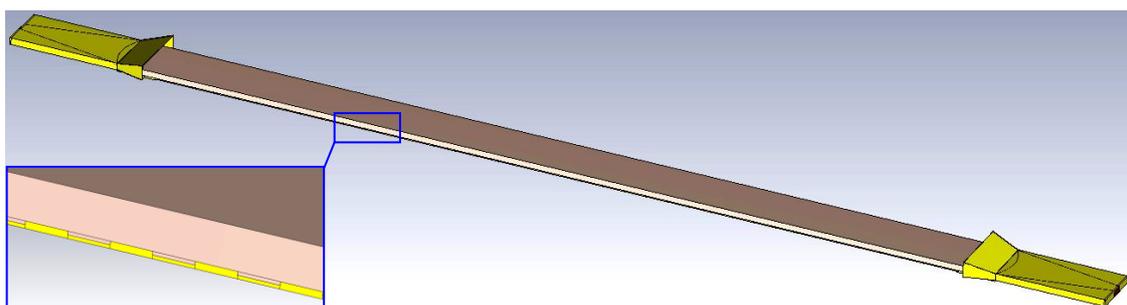


Рис. 1. Разработанная линейная периодическая антенна

Геометрические параметры излучающего раскрыва выбраны для диапазона частот 9,2...9,5 ГГц на основе 2D-моделирования с использованием вычислительного алгоритма, разработанного для анализа антенн данного типа [5 – 7]. Так, диэлектрический волновод толщиной 12 мм выполнен из фторопласта. Решетка содержит 69 канавок, также заполненных фторопластом, представляющих собой единое целое с диэлектрическим волноводом. Канавки повторяются с шагом 22 мм, имеют ширину 11 мм и глубину 1 мм.

Выполнено полноволновое 3D-моделирование линейной периодической антенны в пакете «CST Microwave Studio», подтвердившее ее работоспособность и относительно высокий КПД (не менее 90%) в заявленной полосе частот.

На рисунке 2 черным приведена ДН, полученная на частоте 9,3 ГГц при 2D-моделировании, красным цветом – при 3D-моделировании. Главный лепесток ДН ориентирован под углом «минус» 6° и имеет ширину 1° . Коэффициент усиления антенны составляет 32,5 дБ, КСВ – не более 1,1. Максимальный уровень бокового излучения равен -12 дБ и может быть существенно снижен за счет вариации глубины канавок вдоль оси антенны.

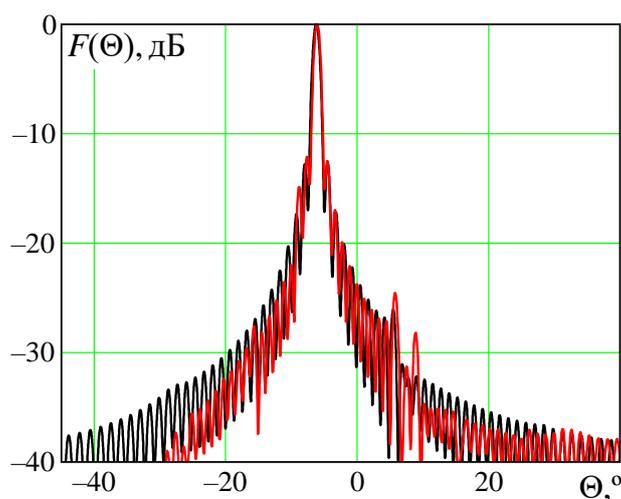


Рис. 2. ДН антенны

Библиографический список

1. The Fundamental of Leaky Wave Antenna / M. Mohsen, I. Mohamad, I. Mohd Saari et al. // Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering. – 2018. – No. 10. – P. 119 – 127.

2. Евдокимов, А. П. Антенны дифракционного излучения / А. П. Евдокимов // Физические основы приборостроения. – 2013. – Т. 2, № 1(6). – С. 108 – 125.

3. Подходы к вариации профиля излучающего раскрыва антенны вытекающей волны дифракционного типа для улучшения характеристик направлен-

ности / Д. Ю. Крюков, А. В. Останков, С. А. Антипов, К. А. Разинкин // Радиотехника. – 2022. – Т. 86, № 7. – С. 25 – 32.

4. Останков, А. В. Дифракционная антенна вытекающей волны с нестандартной реализацией излучающего раскрыва / А. В. Останков // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2010. – Т. 6, № 8. – С. 17 – 26.

5. Останков, А. В. Математическая модель дифракции волны на конечной металлодиэлектрической гребенке для проектирования антенн вытекающей волны / А. В. Останков // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2009. – Т. 5, № 7. – С. 89 – 91.

6. Останков, А. В. Синтез излучающего гребенчатого раскрыва антенны вытекающей волны / А. В. Останков // Радиотехника. – 2012. – № 2. – С. 38 – 44.

7. Одномодовое приближение в задаче синтеза диэлектрической антенны вытекающей волны / А. В. Останков, С. А. Останков, Г. В. Литвинов и др. // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2022. – Т. 18, № 4. – С. 77 – 85.

АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ МЕТОДИКИ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ ДЛЯ НАЗНАЧЕНИЯ ДОПУСКОВ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ СВЧ-УСТРОЙСТВ

А. В. Круглов, А. В. Печаткин

Рыбинский государственный авиационный технический университет
имени П. А. Соловьева
(e-mail: rts.inform@ya.ru)

Особое внимание при проектировании и производстве СВЧ-устройств уделяется вопросам цифрового производства [1]. В целях снижения влияния паразитных конструктивных и технологических составляющих наиболее часто используются компоненты с распределенными параметрами, выполненными в виде топологических элементов с сосредоточенными параметрами: резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности.

Для расчета и прогнозирования поведения параметров радиоэлектронного устройства при наличии отклонений от заданных номиналов элементов при массовом производстве используются различные методики, в частности дифференциальный метод [2]. Для его использования необходима математическая

модель комплексной передаточной характеристики, определяющей зависимость выходного параметра от номиналов входящих в его состав компонентов.

Данное решение хорошо работает при использовании компонентов с сосредоточенными параметрами, и для математического описания передаточной функции используются традиционные методы токов и узловых потенциалов. Однако в СВЧ-устройствах, построенных на компонентах с распределенными параметрами, расчет проводится по топологическим моделям, так как компонент представляет собой геометрическую фигуру, иногда довольно сложную.

Исследуя процедуры проектирования, расчета и анализа СВЧ-устройств с распределенными параметрами, в студенческом конструкторско-технологическом бюро выпускающей кафедры РТС РГАТУ имени П. А. Соловьева были высказаны предположения о возможности использования методики размерных цепей для расчета допусков размеров топологических электронных СВЧ-компонентов и прогнозирования их влияния на целостность контролируемого выходного параметра. В целях проверки данного предположения были переработаны аналитические MathCAD-модели размерных цепей, выполненных по методу полной взаимозаменяемости и теоретико-вероятностному методу, позволяющих прогнозировать и удерживать в заданных объемах допустимый процент бракованных изделий при массовом производстве [1, 2].

В качестве объекта исследования был выбран фильтр нижних частот в наиболее проблемной для воспроизведения характеристик топологической реализации со скачками волнового сопротивления. Был выполнен полный схемотехнический расчет и компьютерное моделирование прототипа фильтра на сосредоточенных корпусированных электронных компонентах и синтезирована требуемая АЧХ, в дальнейшем используемая в качестве шаблона для сравнения.

Затем был рассчитан и промоделирован ФНЧ, реализованный на топологических элементах распределенными параметрами.

Обе реализации были подвергнуты множественному статическому моделированию методом Гаусса со случайными отклонениями в пределах установленных допусков корпусированных и топологических элементов в целях формирования визуально наблюдаемых «облаков» разбросов АЧХ.

На следующем шаге была разработана модель плоской размерной цепи, соответствующей горизонтальным размерам топологии распределенного ФНЧ и выполнено аналитическое моделирование в целях получения значений допусков на каждый топологический элемент ФНЧ и определения качества.

Анализ результатов подтверждает возможность использования методики размерных цепей для расчета и назначения допусков топологических элементов СВЧ-устройств, выполненных по современным аддитивным технологиям. Эти вопросы требуют дополнительной проработки и обобщения в целях создания автоматизированных аналитических инструментов проектирования.

Библиографический список

1. Печаткин, А. В. Обеспечение заданной точности выходных параметров радиоэлектронного устройства на основе статистического расчета допусков компонентов / А. В. Печаткин, А. Т. Кизимов, А. Н. Смирнов // Вестник Рыбинского государственного авиационного технического университета имени П. А. Соловьева. – Рыбинск : РГАТУ, 2015. – №1 (32). – С. 171 – 177.

2. Кизимов, А. Т. Теория точности в разработке конструкций и технологий : учебное пособие / А. Т. Кизимов. – Рыбинск : РГАТУ имени П. А. Соловьева, 2016. – 97 с.

ГИБРИД МАЛОГО ГЕКСАКОПТЕРА И ДИРИЖАБЛЯ ДЛЯ МАССОВЫХ РЕКЛАМНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

А. А. Костина, А. М. Кузнецова, Н. М. Смирнова

Слушатели старшего инженерного класса «Малые беспилотные авиационные и робототехнические комплексы» СОШ № 12
(e-mail: rts.inform@ya.ru)

Шоу дронов уже давно стало неотъемлемой частью представлений и с каждым годом их сложность и разнообразность возрастает, вызывая неподдельный интерес и восторг у публики [1]. Планы работы и развития инженерных классов, созданных в СОШ № 12 имени П. Ф. Дерунова г. Рыбинска и обучающихся по дополнительным образовательным программам «Малые беспилотные авиационные и робототехнические комплексы», включают создание кибертеатра и постановок минисюжетов с участием авиационных киберартистов. Однако даже самый маленький воздушных робот способен натворить немало бед при проведении представления в небольшом помещении. И это может произойти в самый неподходящий момент, например, в результате случайного сбоя в работе бортовой электроники или управляющей программы, а также в результате преднамеренного воздействия с использованием устройств подавления каналов связи, в том числе, устанавливаемых на современный смартфон.

Для предотвращения возникновения такой ситуации реализуется проект гибрида дирижабля и гексакоптера, получивший название «дирикоптер» [2].

Прототип, предлагаемый для практической реализации и отработки основных решений по управлению и программированию безопасного воздушного судна, представляет собой легкую несущую раму из вспененного пластика, на верхней части которой располагается микрогексакоптер, обеспечивающий перемещение всей конструкции в пространстве. Здесь закрепляются бортовая LiPo батарея и аудиокомпоненты: модуль цифрового MP3-плеера и динамик. В качестве управляющего компонента использован универсальный модуль Arduino ESP 8266 ESP-01. Модуль представляет собой автономную систему на кристалле, которой не требуется дополнительный микроконтроллер для управления входами и выходами. Доступно до 9 выводов универсального ввода/вывода, что позволяет пользователю программировать модуль как микроконтроллер с доступом к Wi-Fi [3]. К нижней части несущей рамы крепится надувная платформа – основной баллон аэростата. Платформа выполнена в форме цифры «0» в целях обеспечения полета гексакоптера, создающего под и над собой изменяемые воздушные потоки. Для повышения грузоподъемности к нижней части надувной платформы крепятся дополнительные баллоны, стилизованные под цифру «12», символизирующую номер школы.

Все три воздушных элемента заполнены нейтральным гелием. При использовании фольгированных шаров время «активной жизни» увеличивается многократно, так как фольга сохраняет газ внутри лучше в связи с меньшими размерами пор.

Стандартный режим работы мультикоптеров предполагает, что каждый винт создает под собой воздушную реактивную тягу, вектор которой направлен перпендикулярно к подстилающей поверхности и «толкает» дрон вверх. Для посадки реактивная тяга пропорционально уменьшается, и за счет сил тяготения мультикоптер плавно снижается. В данном проекте подъем воздушного судна осуществляется за счет аэростатической силы. Таким образом, без элементов управления надувная платформа представляет собой аэростат, способный только подниматься. Опуститься же без посторонней помощи или потери объема газа такая конструкция не сможет.

Для решения этой задачи, а также для управляемого перемещения дирикоптера в воздушном пространстве в любом направлении, предлагается использовать гексакоптер с инверсным управлением винтомоторными группами: направленный вверх воздушный поток будет создавать отрицательную подъем-

ную силу, компенсирующую подъем конструкции за счет аэростатических сил, и воздушное судно начнет снижаться.

Выдвинута гипотеза о том, что расположенные по бокам два дополнительных мотора/пропеллера, сохранив свое прямое вращение, создадут совместно с оставшимися реверсными движителями гибко управляемый более стабильный и предсказуемый переменный компенсирующий вектор тяги.

Библиографический список

1. Шоу дронов: взгляд изнутри [Электронный ресурс]. – URL : <https://habr.com/ru/articles/458424/>, 2024
2. Современное российское дирижаблестроение : ч. 1 (воплощенное) [Электронный ресурс]. – URL : <https://aerocrat.livejournal.com/127336.html>, 2024
3. Обзор модулей и датчиков Ардуино с примерами программ [Электронный ресурс]. – URL : <https://arduino-site.ru/moduli-arduino/>, 2024

ТЕРМОИЗОЛИРОВАННЫЙ БОКС ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА Li-Po-АККУМУЛЯТОРОВ

А. С. Перепелкина, М. А. Савичева

Слушатели старшего инженерного класса «Малые беспилотные
авиационные и робототехнические комплексы» СОШ № 12
(e-mail: rts.inform@ya.ru)

В качестве основных учебных интерактивных роботизированных практических пособий в STEM-образовании в средних школах, Точках роста, кванториумах используются программируемые малые беспилотные воздушные суда, которые питаются с помощью литий-полимерных аккумуляторных батарей (LiPo) с высоким показателем токоотдачи [1, 2]. Эти батареи имеют высокую плотность хранения энергии, высокую скорость разряда и малый вес, что делает их основным источником для питания радиоуправляемых моделей [3]. Однако среднее время активной «жизни» LiPo-батарей невелико и зависит не только от количества циклов заряда и разряда, но и от условий эксплуатации. Превышение предельного напряжения и токов заряда; разряд до критического уровня напряжения; длительный саморазряд батарей при оставлении их в квадрокоптере; длительное хранение в максимально заряженном и разряженном состоянии; зарядка горячих батарей, интенсивно отдававших свой заряд при полетах; хра-

нение батарей при низких или высоких температурах; повреждение корпуса батареи – наличие хотя бы одного из перечисленных факторов приводит к уменьшению емкости батареи, вздутию, невозможности дальнейшей эксплуатации, а в случае нарушений правил зарядки или повреждения оболочки батареи – к самовозгоранию с выделением ядовитого газа [3].

Авиационный парк инженерных классов СОШ № 12 имени П. Ф. Дерунова г. Рыбинска, реализующих программу дополнительного профессионального образования «Малые беспилотные авиационные и робототехнические комплексы», в настоящее время укомплектован малыми дронами начального и базового уровня: Xiaomi Mitu, Ryze Tello и Геоскан Пионер Мини, поддерживающих пилотируемый и программируемый полет. В целях сохранения эксплуатационных характеристик бортовых батарей, слушателями инженерного класса разработан прототип термоизолированного кейса, поддерживающего оптимальную температуру аккумуляторов во время занятий, проведения соревнований, перемещения в холодную или жаркую погоду, длительного хранения (консервации), а также для заряда аккумуляторов и тестирования текущего уровня напряжения.

Кейс представляет собой переносной пластиковый плотно закрывающийся бокс с фиксируемой крышкой, оклеенный по объему фольгированным теплоизолятором, толщиной 5 мм. По периметру дна бокса установлен маломощный инфракрасный излучатель из углеродного волокна, формирующий направленную вверх тепловую волну. За счет фольгированного теплоизолятора происходит многократное переотражение ИК-излучения и его суммирование, что приводит к пассивному увеличению тепловой энергии и превышению температуры. Известно, что ИК-излучение нагревает непосредственно предметы, поэтому такой нагрев для каждой батареи будет адресным.

На верхней крышке смонтированы: цифровой термостат, вентилятор с защитной сеткой, переключатель питания «нагрев/охлаждение» и влагозащищенный USB-разъем для питания электрических и электронных компонентов напряжением 5 вольт и током до 2 ампер. Внутри бокса установлен пластиковый сетчатый стеллаж для размещения аккумуляторных батарей. Дополнительно прилагается конструктивно завершенное, способное самостоятельно использоваться универсальное зарядное устройство, в состав которого входят: импульсный блок питания 5 вольт 100 ватт, два независимых цифровых вольтметра, 4-канальный модуль контроллера зарядки для батарей Xiaomi Mitu и 4-канальный модуль контроллера зарядки для батарей Tello. Контроль текущего состояния заряда и его окончания осуществляется с помощью свето-

диодных цифровых индикаторов. Независимые цифровые вольтметры позволяют контролировать текущее состояние батарей.

Для подготовки к консервации в составе зарядного устройства предусмотрен нефиксируемый механизм принудительного разряда без установки батареи на борт квадрокоптера.

Библиографический список

1. Что такое STEM-образование, и почему компании ценят таких специалистов [Электронный ресурс] / РБК*Тренды. – URL : <https://trends.rbc.ru/trends/education/5f6399a69a79471ec02bfe4f>, 2024
2. Educational Drones vs. Toy Drones [Электронный ресурс]. – URL : <https://droneblocks.io/educational-drones-vs-toy-drones/>, 2024
3. Все о LiPo-батареях для FPV-дронов [Электронный ресурс]. – URL : <https://dronomania.ru/faq/vsyo-o-lipo-batareyah-dlya-fpv-dronov.html>

УНИВЕРСАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ КАЛИБРОВКИ И ПРОГРАММИРОВАНИЯ МАЛЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ В РЕЖИМЕ ВЫНУЖДЕННОГО ОЖИДАНИЯ

К. А. Поляков, А. М. Морозов

Слушатели старшего инженерного класса «Малые беспилотные
авиационные и робототехнические комплексы» СОШ № 12
(e-mail: rts.inform@ya.ru)

Серьезным катализатором для развития российской образовательной программы дополнительного профильного образования и создания на базе средних образовательных школ инженерных тематических классов стало появление различных соревнований федерального уровня по пилотированию и программированию квадрокоптеров [1, 2]. Такие классы созданы и активно работают на базе СОШ № 12 имени П. Ф. Дерунова г. Рыбинска. Слушатели инженерных классов обучаются по дополнительной образовательной программе «Малые беспилотные авиационные и робототехнические комплексы» [2]. Авиационный парк инженерных классов укомплектован образовательными малыми дронами, позволяющими реализовать пилотируемый и программируемый полет. Решение полетных задач, как правило, первоначально осуществляется «на земле»: дрон с подключенным аккумулятором и активным полетным кон-

троллером устанавливается на столе рядом с компьютером, на котором проектируется программа для полетного контроллера и обработки изображений и проводится ее отладка. Процесс этот длительный и требует активного использования вычислительной мощности бортового вычислителя. Охлаждение бортовой электроники во время полета реализовано с помощью конструктивных элементов корпуса и осуществляется благодаря работе пропеллеров, создающих во время полета мощные воздушные потоки, достаточные для охлаждения электронных компонентов. В ряде дронов последнего поколения класса Tello предусмотрен режим принудительного запуска моторов на малых оборотах. Однако такая мера эффективна лишь в режиме ожидания взлета при старте. При программировании квадрокоптера и отладке программ, связанных с активным использованием курсовой и дополнительной бортовых видеокамер и реализацией технологии машинного зрения, работа винтов на малых оборотах уже не в состоянии создать требуемую для полноценного охлаждения мощность воздушных потоков. Электроника уже в течение нескольких минут перегревается, вызывая выключение дрона. Повторное включение без достаточной паузы приводит к еще быстрому отключению горячего оборудования.

Для решения задачи слушателями инженерного класса реализуется проект по созданию многоцелевой автоматизированной взлетно-посадочной платформы для калибровки, программирования и охлаждения малых беспилотных авиационных судов в режиме вынужденного длительного ожидания. Платформа представляет собой выполненное из пластика жесткое основание. В центре платформы установлен большой пузырьковый уровень с концентрической шкалой. По периметру платформы установлены регулируемые по высоте опоры, позволяющие изменить высоту от 20 до 100 мм. Опоры и уровень позволяют при калибровке подстроить платформу под конкретный дрон, так как разные мультикоптеры имеют индивидуальную погрешность и смещение в установке бортовых гироскопов. Размеры платформы позволяют устанавливать до четырех дронов. Вентиляторы утоплены в колодцы, образуя своеобразные импеллеры, в целях безопасности закрытые решетками. Для включения вентиляторов при помещении дронов на платформу используются инфракрасные сенсоры, устанавливающиеся в местах размещения коптеров и позволяющие дистанционно измерять температуру конкретного «борта» и индивидуально регулировать воздушный поток в зависимости от текущей загрузки.

Функции платформы дополняются установкой на каждом посадочном месте RGB-светодиодов, размещенных по окружности защитных решеток и позволяющих сформировать индивидуальный цветовой статический или динами-

ческий рисунок, который может использоваться для отработки полетных заданий и применения машинного зрения для определения дроном конкретного места и возможности посадки.

Библиографический список

1. Кадры для цифровой промышленности. Создание законченных проектно-конструкторских решений в режиме соревнований «Кибердром» [Электронный ресурс] : Всероссийский конкурс. – URL : <https://cyber-drom.ru/>, 2024

2. В двух школах Рыбинска откроют инженерные классы авиaproфиля / Интернет-издание «Рыбинский дневник» [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.rybinsknote.ru/2022/08/08/v-dvux-shkolax-rybinska-otkroyut-inzhenernye-klassy-aviaprofilya/>, 2022

ВЫБОР ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ГЕНЕРАТОРОМ СТЕНДА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ БОРТОВОЙ ЦИФРОВОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

Д. А. Каданцев

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

В настоящий момент существует множество языков программирования, которые могут быть использованы для разработки программ автоматизации. Выбор языка программирования при создании программного продукта автоматизации управления генератором стенда для обеспечения измерений электрических параметров бортовой цифровой вычислительной машины (БЦВМ) имеет решающее значение для успешной реализации проекта.

Цель данной научной работы заключается в исследовании наиболее популярных языков программирования, используемых при разработке программных обеспечений для автоматизированного управления цифровым оборудованием, а также в выборе наиболее оптимального языка.

Для достижения поставленной цели необходимо провести анализ, в ходе которого будут рассматриваться достоинства и недостатки широко распространенных языков разработки.

При создании утилит для автоматизированного управления приборами наиболее широкой популярностью пользуются следующие языки программирования: Python, C++ и Java. Рассмотрим подробно описание каждого из них.

Язык Python представляет собой язык, обладающий динамической типизацией данных, а также способный поддерживать многие парадигмы программирования: процедурное, функциональное и объектно-ориентированное.

К преимуществам Python относятся:

- удобный синтаксис;
- кроссплатформенность;
- большое количество библиотек.

Его недостатками являются:

- невысокая производительность;
- не подходит для выполнения задач, требующих высокой производительности [1].

Программный язык C++ является улучшенной версией языка C, который удобен для разработки небольшого размера программ. Достоинства использования языка C++ полностью раскрываются при создании больших программных обеспечений и проектов. Он относится к языкам объектно-ориентированного программирования. Иначе говоря, программа, написанная на нем, характеризуется как описание действий системы связанных между собой объектов.

Отличительные особенности языка C++ заключаются в:

- высокой производительности;
- простой переносимости программ, созданных на этом языке, на персональные компьютеры различной архитектуры и из одной операционной системы в другую;
- легкости написания алгоритмов;
- удобстве чтения кода программ.

Основным минусом данного языка является невысокая скорость разработки по сравнению с другими языками [2].

Немаловажным и активно используемым при создании программ автоматизации, является язык Java, обладающий поддержкой многопоточности, на котором функционирует огромное количество коммерческих приложений.

К плюсам Java можно отнести:

- широкую популярность в сфере разработки крупных профессиональных программных продуктов;

- переносимость кода на различные платформы;
- обширную документацию.

Его недостатки отражаются в:

- сложной структуре проекта;
- большом потреблении ресурсов и памяти [3].

Таким образом, исследование показало, что С++ является универсальным языком. Он наиболее эффективен не только для выполнения различных задач системного программирования, но и для разработки программ автоматизированного управления цифровыми приборами.

Библиографический список

1. Задорожный, С. С. Объектно-ориентированное программирование на языке Python : учебно-методическое пособие / С. С. Задорожный, Е. П. Фадеев. – 2022. – С. 2 – 5.
2. Березин, Б. И. Начальный курс С и С++ : учебное пособие / Б. И. Березин, С. Б. Березин. – 2007. – С. 163–164.
3. Яценков, В. С. Java за неделю. Вводный курс / В. С. Яценков. – 2018. – С. 2.

АЛГОРИТМ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТИ КЛИСТРОНА

В. А. Хомутков

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: homutkoff200@gmail.com)

В качестве наглядного представления о структуре разрабатываемой программы будем использовать блок-схему, которая будет отображать последовательность действий с помощью графических символов. Данные схемы получили широкое распространение, как наиболее информативный способ описания алгоритмов.

Целью данной научной статьи является написание алгоритма программы для оптимизации выходной мощности клистрона.

Для достижения поставленной задачи было принято решение использовать блок-схему из-за простоты и удобства.

Рассмотрим подробно составленный алгоритм, изображенный на рис. 1. Перед основными процессами алгоритма идет инициализация переменных, загрузка настроек из файла конфигурации, а также инициализация СОМ-порта.



Рис. 1. Алгоритм программы в виде блок-схемы

Затем идет переключение режимов работы оптимизатора, в ходе которого задается максимальный уровень на его выходе, если первый раз после подачи питания включается режим оптимизации, то переходим в режим первоначальной оптимизации уровня мощности.

При входе в режим первоначальной оптимизации коэффициенты принимают начальные значения. Начиная с минимального уровня, детекторная секция принимает максимальный уровень сигнала, в то время как клистрон принимает максимальный уровень мощности.

Задаются условия для поиска пика мощности клистрона, после которых фиксируется максимальный уровень сигнала с детекторной секции.

Выполняется условие, если сигнал с детекторной секцией меньше минимального уровня (100 мВ), сигнал начинает ходить по пиле от минимума к максимуму, иначе выполняется оптимизация и поиск максимума, а также идет запись сигналов в ЦАП.

После записи программа проверяет запись и целостность файлов, а также происходит прием и передача данных. После завершения обработки данных осуществляется запись коэффициентов коррекции температуры и смещения нуля, а также сравнение и запись контрольной суммы программы.

В результате проделанной работы был составлен алгоритм программы для оптимизации выходной мощности клистрона в виде блок-схемы, а также приведено его подробное описание.

Библиографический список

1. Солонина, А. И. Алгоритмы и процессоры цифровой обработки сигналов : учебное пособие / А. И. Солонина, Д. А. Улахович, Л. А. Яковлев. – СПб. : БХВ-Петербург, 2002. – 464 с.

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТИ КЛИСТРОНА

В. А. Хомутков

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: homutkoff200@gmail.com)

Аналоговый сигнал в оптимизаторе поступает на аналогово-цифровой преобразователь, вследствие чего дискредитируется по времени и оцифровывается.

Цифровая обработка радиосигналов включает в себя широкий спектр методов и техник, предназначенных для улучшения, анализа и интерпретации радиосигналов. Она позволяет извлекать полезную информацию из сигнала, минимизируя при этом влияние помех и шумов.

Цифровая обработка принципиально связана с представлением любого сигнала в виде последовательности чисел. Это означает, что исходный аналоговый сигнал должен быть преобразован в исходную последовательность чисел, она изображена на рис. 1, которая вычислителем по заданному алгоритму преобразуется в новую последовательность, однозначно соответствующую исходной [1].

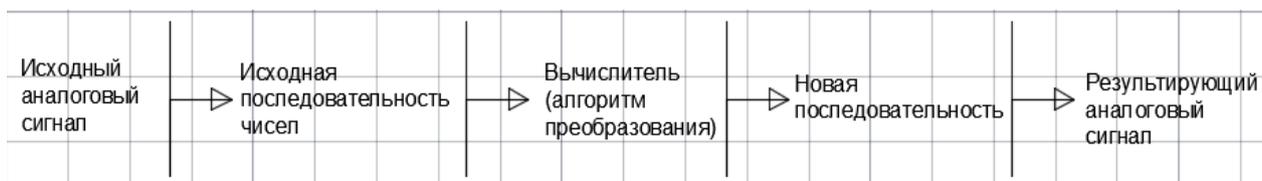


Рис. 1. Этапы цифровой обработки

Цель данной работы – исследовать основы и принципы цифровой обработки радиосигналов, а также охарактеризовать ключевые алгоритмы и их применение в различных областях. Начнем с основных концепций и методов, лежащих в основе цифровой обработки, и перейдем к рассмотрению ее практического применения – от радиолокации и навигации до современных беспроводных коммуникаций и астрономии.

Одной из главных характеристик цифровой обработки сигналов является ряд и преобразование Фурье. Приведем несколько правил цифровой обработки сигналов. Спектры суммы равны сумме спектров – линейность этого преобразования. При задержке сигнала по времени, амплитудный спектр сигнала не меняется, а фазовый спектр зависит линейно от частоты. При дифференцировании преобразования Фурье низкие частоты ослабляются, а высокие усиливаются, а при интегрировании исходного сигнала высокие частоты ослабляются, а низкие усиливаются.

Свертка сигналов является очень часто используемой в радиотехнике интегральной операцией, поскольку она описывает прохождение сигнала через линейную систему с постоянными параметрами. Спектр свертки равен произведению спектров.

Цифровая обработка радиосигналов является одной из самых динамично развивающихся областей современной радиофизики, лежащей в основе многих технологических достижений последних десятилетий [2].

Исследование цифровых радиосигналов обладает важностью для современных и будущих технологий. Разработка новых алгоритмов и методов обработки открывает путь к созданию более совершенных систем связи, радиолокации, делая эту область одной из самых перспективных в радиофизике.

В данный момент России исследования в этой области привели к созданию систем радиолокационного наблюдения, способных обнаруживать объекты на значительных расстояниях с высокой точностью. Системы, такие как РЛС «Нева» и «Воронеж», демонстрируют впечатляющие возможности в области обнаружения и слежения за космическими объектами и воздушными целями. Цифровая обработка сигнала также применяется в оптимизаторе выходной мощности клистрона, выпускаемого на АО НПП «Исток им. Шокина».

Цифровая обработка радиосигналов демонстрирует свою фундаментальную важность и универсальность в современном мире. От радиолокации до сверхвысокоскоростной линии интернет-связей, от дистанционного зондирования Земли до изучения космоса, алгоритмы и технологии, лежащие в основе этой дисциплины, способствуют прогрессу в самых разных областях. Развитие цифровой обработки радиосигналов не только улучшает существующие технологии, но и открывает двери к новым открытиям и изобретениям, которые могут радикально изменить наше будущее.

Библиографический список

1. Солонина, А. И. Алгоритмы и процессоры цифровой обработки сигналов : учебное пособие / А. И. Солонина, Д. А. Улахович, Л. А. Яковлев. – СПб. : БХВ-Петербург, 2002. – 464 с.
2. Сергиенко, А. Б. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / А. Б. Сергиенко. – 3-е изд. – СПб. : БХВ-Петербург, 2011. – 768 с. С. 23 – 45.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ГЕНЕРАТОРА НА ТРИГГЕРЕ ШМИТТА

Д. С. Баршутина, С. Н. Баршутин

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

Генераторы импульсного напряжения играют важную роль во многих современных технологиях и промышленных процессах. Генераторы импульсного напряжения также широко применяются в современных телекоммуникационных системах для передачи данных с высокой скоростью и с минимальными искажениями сигнала. Они также используются в автомобильной промышленности для управления системами зажигания и в индустрии обработки материалов для генерации электрических импульсов для сварочных и резательных процессов. Известен генератор на основе триггера Шмита, такой генератор отличается высокой стабильностью срабатывания импульсов, что позволяет использовать его в критических системах с необходимостью точного временного управления. Следующим преимуществом является малое энергопотребление, что делает его использование эффективным и экономичным. Также генератор на основе триггера Шмитта обладает широким диапазоном рабочих частот и высокой точностью генерируемой формы импульса.

Схема простейшего генератора представлена на рис. 1.

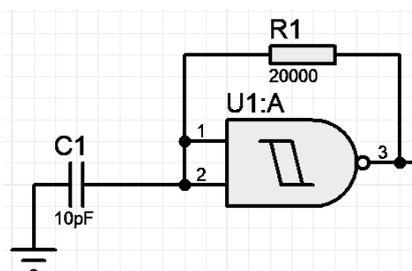


Рис. 1. Схема генератора на триггере Шмитта

Исследуем зависимость параметров сигнала от значения сопротивления резистора R_1 . При этом величину емкости C_1 зафиксируем на значении 10 пФ. Анализ таблицы экспериментальных исследований показал, что время нарастания импульса t_r при значениях до 30 кОм зависит от сопротивления. Это связано с недостаточной крутизной фронта сигнала. В связи с этим в диапазоне сопротивления R_1 до 30 кОм формируется пилообразная форма сигнала. Кроме этого, увеличением сопротивления от 100 Ом до 30 кОм расширяется диапазон изменения напряжения от U_{\min} до U_{\max} .

1. Параметры сигнала генератора на триггере Шмитта

R_1 , Ом	C_1 , пФ	t_r , мкс	t_s , мкс	t_p , мкс	U_{\max} , В	U_{\min} , В	f , кГц
100	10	0,4000	0,4000	0,0015	3,50	1,50	1247,7
1000	10	0,4230	0,4230	0,0015	3,60	1,45	1179,9
10 000	10	0,6020	0,6020	0,0015	4,00	1,00	829,5
20 000	10	0,7890	0,7890	0,0015	4,46	0,54	633,1
30 000	10	0,9980	0,9980	0,0015	4,88	0,12	500,6
40 000	10	1,0000	1,0000	0,0520	5,00	0,00	487,3
50 000	10	1,0000	1,0000	0,1130	5,00	0,00	473,3
60 000	10	1,0000	1,0000	0,2700	5,00	0,00	440,5
70 000	10	1,0000	1,0000	0,4000	5,00	0,00	416,7
80 000	10	1,0000	1,0000	0,5200	5,00	0,00	396,8
90 000	10	1,0000	1,0000	0,7350	5,00	0,00	365,6
100 000	10	1,0000	1,0000	1,7480	5,00	0,00	266,8
120 000	10	1,0000	1,0000	1,9800	5,00	0,00	251,3

R_1 , Ом	C_1 , пФ	t_r , мкс	t_s , мкс	t_p , мкс	U_{max} , В	U_{min} , В	f , кГц
140 000	10	1,0000	1,0000	2,2000	5,00	0,00	238,1
160 000	10	1,0000	1,0000	2,4600	5,00	0,00	224,2
180 000	10	1,0000	1,0000	2,6480	5,00	0,00	215,1
200 000	10	1,0000	1,0000	2,9200	5,00	0,00	203,3
250 000	10	1,0000	1,0000	3,5400	5,00	0,00	180,5
300 000	10	1,0000	1,0000	4,1300	5,00	0,00	163,1
400 000	10	1,0000	1,0000	5,3500	5,00	0,00	136,1
500 000	10	1,0000	1,0000	6,5500	5,00	0,00	117,0
1 000 000	10	1,0000	1,0000	12,6000	5,00	0,00	68,5
2 000 000	10	1,0000	1,0000	23,2000	5,00	0,00	39,7

При значениях сопротивления R_1 выше 30 кОм время нарастания сигнала и максимальное и минимальное напряжения стабилизируются, но при этом длительность импульса начинает увеличиваться, а это в свою очередь снижает частоту импульсного сигнала.

Библиографический список

1. Дьяконов, В. П. Генерация и генераторы сигналов / В. П. Дьяконов. – М. : ДМК Пресс, 2009. – 384 с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИГНАЛА НА ВЫХОДЕ СЛЕДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ АППАРАТУРЫ ПРИЕМА СИГНАЛОВ СПУТНИКОВОЙ РАДИОНАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

А. В. Иванов

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

Введение. Для определения координат местоположения и параметров движения подвижных объектов, например воздушных судов, беспилотных летательных аппаратов, беспилотных высокоавтоматизированных транспортных средств, широкое распространение получили навигационные системы.

Основу всех современных навигационных систем составляет аппаратура приема сигналов спутниковых радионавигационных систем, позволяющая обеспечить высокую точность, надежность и глобальность решения задач навигации [1 – 3]. Аппаратура приема, как правило, является совмещенной, многоканальной и позволяет принимать сигналы спутниковых радионавигационных систем ГЛОНАСС, NAVSTAR (GPS), Галилео (Galileo), Бэйдоу (BeiDou). В аппаратуре приема проводится обработка сигналов спутниковых радионавигационных систем в целях определения псевдодальности до навигационного космического аппарата (НКА), а на основе четырех псевдодальностей рассчитываются пространственные координаты местоположения и вектор скорости подвижного объекта, а также текущее время.

Измерение задержки радиосигнала, которая может быть легко пересчитана в псевдодальность до НКА, проводится в навигационном вычислителе по сигналам коррелятора. В режиме слежения задержка радиосигнала от НКА до аппаратуры приема СРНС формируется на выходе следящей системы за задержкой, которая включает дискриминатор, фильтр и генератор опорного сигнала. Представим сигнал на выходе следящей системы за задержкой в режиме слежения в дискретные моменты времени t_{k+1} , $k = 0, 1, 2, \dots$, пересчитанный в псевдодальность, при возникновении аномальных измерений в виде

$$\xi(t_{k+1}) = D(t_{k+1}) + \Delta D(t_{k+1}) + \sigma_{\xi} n_{\xi}(t_{k+1}),$$

где $\Delta D(t_{k+1})$ – случайная величина, равномерно распределенная на интервале от $(D(t_{k+1}) - c\tau_s)$ до $(D(t_{k+1}) + c\tau_s)$, c – постоянная, характеризующая скорость света, а τ_s – длительность элементарной посылки псевдослучайной последовательности; $\sigma_{\xi} n_{\xi}(t_{k+1})$ – случайная ошибка измерения, у которой $n_{\xi}(t_{k+1})$ – выборки белого гауссовского процесса с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией, а σ_{ξ} – среднеквадратическая ошибка измерения дальности до НКА.

Для описания изменения псевдодальности между подвижным объектом и НКА используем математическую модель в виде системы дифференциальных уравнений второго порядка:

$$\frac{dD(t)}{dt} = V(t), \quad D(t_0) = D_0; \quad \frac{dV(t)}{dt} = \sigma_V n_V(t), \quad V(t_0) = V_0,$$

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

Системе дифференциальных уравнений соответствует система разностных уравнений:

$$D(t_{k+1}) = D(t_k) + TV(t_k); \quad V(t_{k+1}) = V(t_k) + 0,5\sigma_V T^{0,5} n_V(t_k),$$

где $n_V(t_k)$ – выборки белого гауссовского процесса с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией.

В рассматриваемой постановке задачи подлежащий оцениванию вектор состояния $\mathbf{X}(t_k) = [D(t_k), V(t_k)]^T$ включает две компоненты. Необходимо методами марковской теории оптимального оценивания получить оптимальные по критерию максимума апостериорной плотности вероятности дискретные алгоритмы идентификации случайной величины $\Delta D(t_{k+1})$ и адаптивного оценивания вектора состояния $\mathbf{X}(t_k) = [D(t_k), V(t_k)]^T$ по наблюдениям $\xi(t_{k+1})$.

Библиографический список

1. Адаптивные алгоритмы обработки информации в навигационных комплексах подвижных наземных объектов / А. В. Иванов, В. Ю. Шишкин, Д. В. Бойков и др. // Радиотехника и электроника. – 2021. – № 8(66). – С. 1 – 12.

2. Определение аномальных измерений радиосигналов спутниковой радионавигационной системой методом статистической обработки невязок измерений / А. В. Иванов, С. П. Москвитин, Н. А. Лежнева, А. А. Иванов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2023. – Т. 29, № 1. – С. 27 – 40.

3. Иванов, А. В. Комплексные оптимальные алгоритмы обработки информации в навигационных системах подвижных наземных объектов с контролем целостности навигационного обеспечения / А. В. Иванов // Радиотехника. – 2010. – № 5. – С. 12 – 17.

ПРОВЕРКА АДЕКВАТНОСТИ МОДЕЛИ ВЫСОКОМАНЕВРЕННОЙ ЦЕЛИ

А. А. Иванков, Д. О. Понкратов

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

Из-за недостатка априорной информации модель никогда не является точным описанием реального процесса и неизбежно содержать в себе ошибки и расхождения по сравнению с этим процессом. На основании спектрального

анализа маневров воздушных целей в [1, 2] проведен выбор модели высокоманевренной цели:

$$\begin{cases} D(k+1) = D(k) - V(k)T; \\ V(k+1) = V(k) + \sigma(k)a(k)T; \\ a(k+1) = (1 - \alpha T)a(k) + n_1(k), \end{cases} \quad (1)$$

где σ – среднеквадратическое отклонение формирующего шума; α – интенсивность (ширина спектра) изменения измеряемого параметра; $n_1(k)$ – гауссовский шум.

Для проверки адекватности выбранных моделей воспользуемся тем критерием, что у адекватной модели систематическая ошибка не может оказаться существенно больше, чем случайная.

Для обеспечения минимально возможных ошибок в качестве значения оптимальной оценки вектора состояния X выбирается то значение, при котором апостериорная плотность вероятности $p(X|Z)$ принимает максимально возможное значение, где Z – последовательность измерений. Такую оценку возможно получить по критерию максимума апостериорной вероятности (МАВ).

Проведем сравнение моделей с идентификацией $\sigma = 1$, без идентификации – 2 и модель (1) с идентификацией $\alpha = 3$.

Чтобы сравнить систематические и случайные ошибки, вносимые в процесс фильтрации моделями, необходимо на их основе построить алгоритмы фильтрации по критерию МАВ и провести моделирование работы этих алгоритмов. Моделирование проводилось для случая сопровождения маневрирующей цели. При этом цель выполняла маневр «горка». Результаты моделирования представлены на рис. 1 – 4.

Графики на рис. 1 и 2 иллюстрируют соответственно систематические и случайные ошибки фильтрации дальности, а на рис. 3 и 4 – соответствующие ошибки фильтрации скорости.

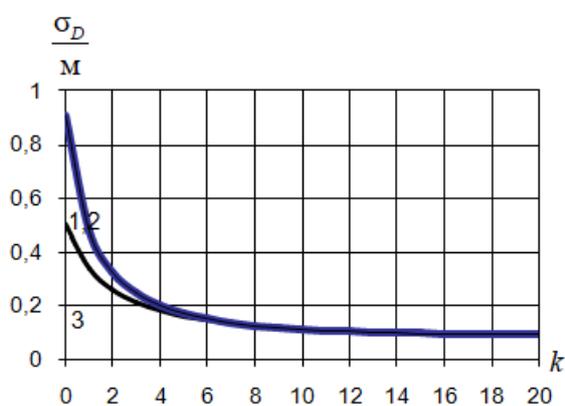


Рис. 1. Систематические ошибки фильтрации дальности

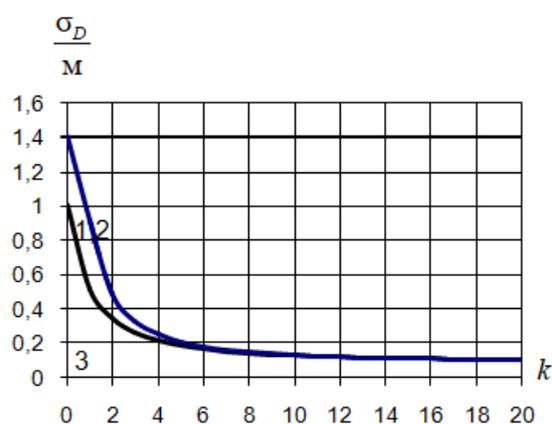


Рис. 2. Случайные ошибки фильтрации дальности

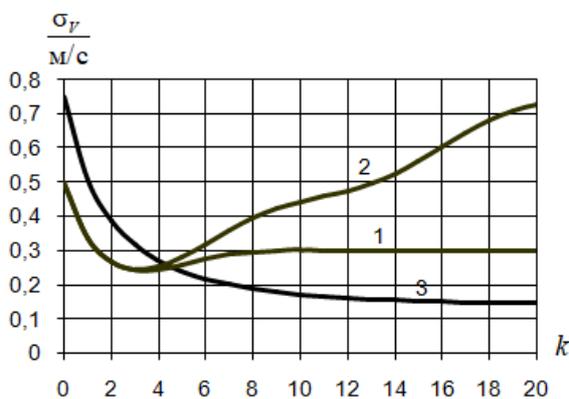


Рис. 3. Систематические ошибки фильтрации скорости

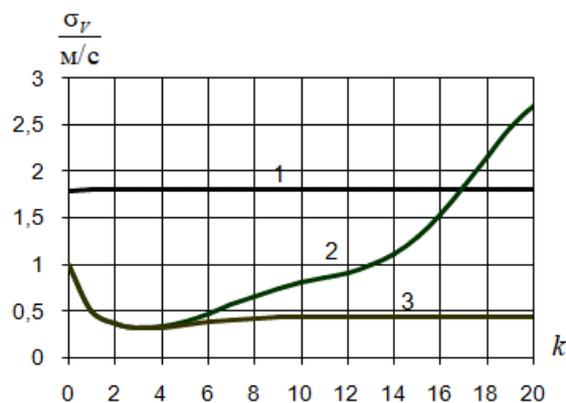


Рис. 4. Случайные ошибки фильтрации скорости

Из рисунков видно, что наименьшими ошибками обладает выбранная модель с идентификацией α .

Библиографический список

1. Иванков, А. А. Анализ условий функционирования радиолокационных измерителей при сопровождении маневрирующих воздушных целей / А. А. Иванков // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : материалы Шестой Всерос. науч.-практ. конф. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2021. – С. 57 – 61.
2. Попов, В. В. Выбор модели высокоманевренной цели / В. В. Попов, А. А. Иванков // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : материалы Седьмой Всерос. науч.-практ. конф. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2022. – С. 22 – 24.

МЕТОД АДАПТИВНО-ВЕРОЯТНОСТНОЙ ПРИВЯЗКИ ТРАЕКТОРИЙ БПЛА В СИСТЕМЕ МНОГОПОЗИЦИОННОЙ РАДИОЛОКАЦИИ

А. А. Иванков, Д. О. Понкратов

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

При реализации алгоритма сопровождения БПЛА в системе многопозиционной радиолокации [1] в тактической ситуации сопровождения нескольких БПЛА [2] наиболее целесообразным представляется использование радиолокационной системы слежения с адаптивно-вероятностной привязкой траекторий (АВПТ) целей [3].

Сущность АВПТ состоит в следующем [4]. Для того чтобы привязать с определенной вероятностью измеряемые координаты траектории i -й цели, где $i = 1, 2 \dots m$, вводится случайный векторный параметр \mathbf{q} принимающий m возможных значений: $\mathbf{q}_1 = [10 \dots 0]$, $\mathbf{q}_2 = [01 \dots 0]$, \dots , $\mathbf{q}_m = [00 \dots 1]$. Собственно привязка сводится к нахождению апостериорных вероятностей $P(\mathbf{q}^s / z)$, где $s = m!$ (m -факториал) – число возможных состояний матрицы \mathbf{q} ($\mathbf{q}^T = [\mathbf{q}_1, \mathbf{q}_2, \dots, \mathbf{q}_m]$)

$$P(\mathbf{q}^s | \mathbf{z}(k)) = cP(\mathbf{q}^s | \mathbf{z}(k-1))p(\mathbf{z}(k) | \mathbf{z}(k-1), \mathbf{q}^s), \quad (1)$$

где $c = \frac{1}{\sum_{s=1}^M P(\mathbf{q}^s | \mathbf{z}(k-1))p(\mathbf{z}(k) | \mathbf{z}(k-1), \mathbf{q}^s)}$, $\mathbf{z}(k)$, $\mathbf{z}(k-1)$ – векторы наблюдений

на k и $k-1$ шаге.

Эти вероятности используются как весовые коэффициенты при вычислении оценок фазовых координат отслеживаемых целей, и при привязке измерений. Одновременно происходит итерационная адаптация модели состояния к условиям функционирования следящей системы (движению воздушных целей) путем идентификации параметров модели. Для этого алгоритм фильтрации синтезируется на основе метода инвариантного погружения с использованием модели [4]:

$$\begin{cases} \mathbf{D}(k+1) = \mathbf{D}(k) - \mathbf{V}(k)T; \\ \mathbf{V}(k+1) = (1 - \alpha(k)T)\mathbf{V}(k) + \mathbf{n}_1(k); \\ \alpha(k+1) = (1 - \varepsilon T)\alpha(k) + \mathbf{n}_i(k), \end{cases} \quad (2)$$

в которой идентифицируется параметр α , что приводит к изменению полосы пропускания следящего фильтра, а, следовательно, адаптации к движению цели. При этом отслеживается траектория движения и предотвращается перепутывание целей при прохождении их траекторий одновременно через один элемент разрешения следящей системы БРЛС, что играет важную роль при ведении маневренного боя.

Преимуществом данного метода является не только поиск оптимальной модели состояния, но и возможность идентификации модели наблюдения. Основным недостатком предложенного метода являются значительные вычислительные затраты при реализации алгоритмов, так как предполагаются параллельные вычисления оценок фазовых координат целей и идентификация наблюдений.

Библиографический список

1. Понкратов, Д. О. Особенности алгоритма сопровождения БПЛА в системе многопозиционной радиолокации / Д. О. Понкратов, А. А. Иванков // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : материалы Восьмой Всерос. науч.-практ. конф. с международным участием для студентов, молодых ученых и специалистов, посвященная 65-летию основания вуза, 30-летию преобразования в университет. – Тамбов : ТГТУ, 2021. – С. 121 – 123.
2. Понкратов, Д. О. Использование методов многопозиционной радиолокации при защите объектов электроэнергетики / Д. О. Понкратов, В. С. Аистов, А. А. Иванков // Цифровая трансформация в энергетике : материалы Четвертой Междунар. науч. конф. – Тамбов : ТГТУ, 2023. – С. 87 – 89.
3. Иванков, А. А. Радиолокационная система слежения с адаптивно-вероятностной привязкой траекторий целей / А. А. Иванков, Д. О. Понкратов // Энергосбережение и энергоэффективность в технических системах : материалы VIII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – Тамбов : ТГТУ, 2021. – С. 145 – 147.
4. Иванков, А. А. Разработка метода адаптивно-вероятностной привязки траекторий движения группы высокоманевренных воздушных целей / А. А. Иванков // Радиотехника. – 2011. – № 5. – С. 30 – 34.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЛС НА ЕЕ ДАЛЬНОСТЬ ОБНАРУЖЕНИЯ

А. Е. Медведев, И. С. Медведев

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

Главным параметром РЛС является его максимальная дальность обнаружения [1 – 3]

$$D_{\max} = 4 \sqrt{\frac{P_i G \sigma S_a}{(4\pi)^2 P_{\min}}}, \quad (1)$$

где P_i – импульсная мощность; G – КНД антенны; S_a – площадь раскрытия антенны; σ – ЭПО цели; P_{\min} – чувствительность приемника.

Уравнение (1) показывает, что максимальная дальность РЛС зависит от параметров станции и ЭПО цели. Дальность обнаружения прежде всего зависит от мощности передатчика, КНД антенны и чувствительности приемника.

На рисунке 1 показано, как влияет мощность передатчика РЛС на ее дальность обнаружения целей.

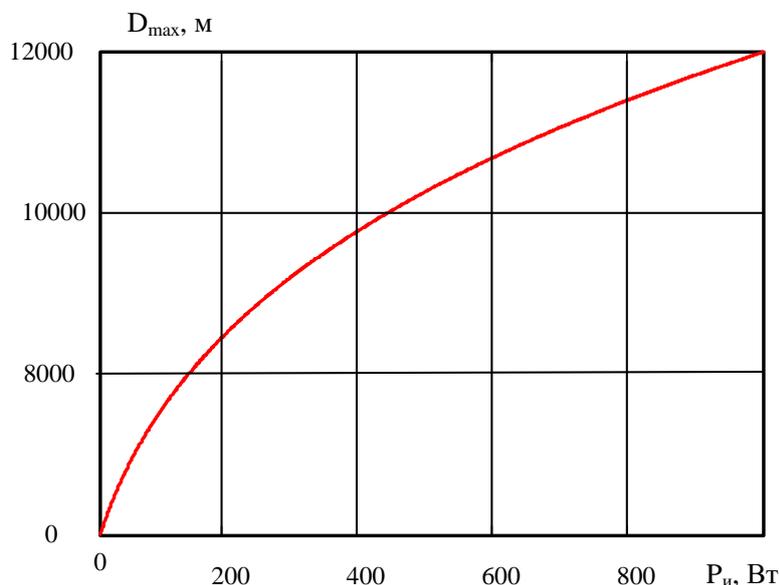


Рис. 1. Зависимость дальности обнаружения от изменения $P_{\text{и}}$

Из рисунка 1 видно, что повышение мощности увеличивает дальность обнаружения. Увеличение дальности обнаружения в 2 раза потребует повысить массогабаритные характеристики передатчика в 16 раз [1 – 3].

На рисунке 2 рассмотрено влияние чувствительности РЛС на ее дальность обнаружения.

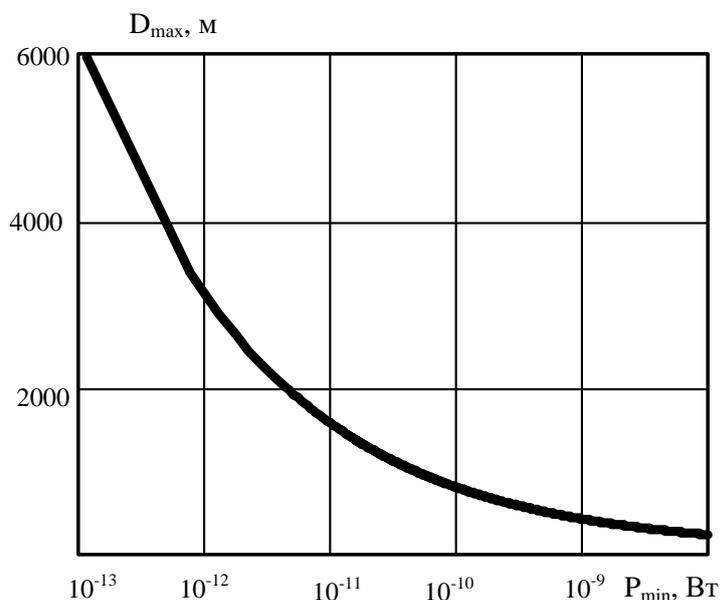


Рис. 2. Зависимость дальности обнаружения от изменения $P_{\text{мин}}$

Из рисунка 2 видно, что улучшение чувствительности приемника увеличивает дальность РЛС. Для увеличения дальности обнаружения в 2 раза необходимо улучшить (уменьшить) чувствительность приемника в 16 раз. Чувствительность приемника можно улучшать за счет современных методов обработки сигналов, при этом массогабаритные характеристики приемника практически не изменяются [1, 3, 4].

Таким образом, исследования показали, что для увеличения дальности обнаружения РЛС необходимо улучшать прежде всего чувствительность приемника РЛС.

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 : Издательский центр «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. Устройства сверхвысоких частот : учебное пособие / Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин. – Тамбов : Издательский центр «ТГТУ», 2015. – 80 с.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ СТАНЦИИ РАЗВЕДКИ НА ДАЛЬНОСТЬ РАДИОТЕХНИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ

А. Е. Медведев, И. С. Медведев

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

Дальность радиотехнической разведки (РТР) без учета потерь мощности сигнала при распространении в атмосфере дальность РТР определяется выражением [1 – 4].

$$D_p = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{P_{\text{и}} G_c G_p \gamma \Psi}{P_{\text{вх.мин}}}} \cdot F_c(\theta_p, \alpha_p) \cdot F_p(\theta_c, \alpha_c), \quad (1)$$

где λ – длина волны РЭС, м; $P_{\text{и}}$ – излучаемая РЭС импульсная (мгновенная) мощность РЭС, Вт; G_c – КНД антенны РЭС; G_p – КНД антенны станции РТР; γ – коэффициент несовпадения поляризации сигнала РЭС и антенны станции РТР; Ψ – коэффициент передачи мощности антенно-фидерного тракта станции РТР разведприемника; $F_c(\theta_p, \alpha_p), F_p(\theta_c, \alpha_c)$ – нормированные ДНА РЭС и РТР; $P_{\text{вх.мин}}$ – чувствительность разведприемника.

На рисунке 1 показана зависимость дальности радиотехнической разведки от мощности излучаемой передатчиком РЭС противника. Из рисунка 1 видно, что повышение мощности РЭС обнаружения и наведения увеличивает дальность РТР по нелинейному закону.

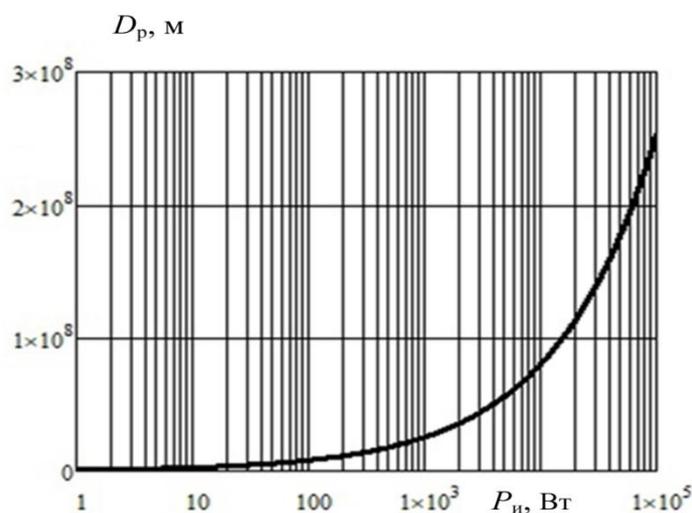


Рис. 1. Зависимость дальности радиотехнической разведки от изменения мощности РЭС обнаружения и наведения

На рисунке 2 показана зависимость дальности радиотехнической разведки от изменения чувствительности приемника станции радиотехнической разведки.

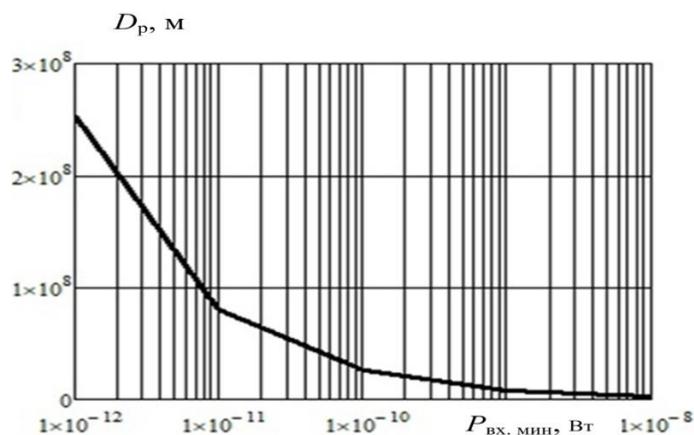


Рис. 2. Зависимость дальности радиотехнической разведки от изменения чувствительности $P_{\text{вх.мин}}$

Из рисунка 2 видно, что улучшение (уменьшение) чувствительности приемника сильно влияет на дальность радиотехнической разведки.

Таким образом, для увеличения дальности радиотехнической разведки необходимо улучшать чувствительность приемных устройств, увеличение коэффициента направленного действия антенных систем станций радиотехнической разведки.

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 : 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. Панасюк, Ю. Н. Устройства сверхвысоких частот : учебное пособие / Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин. – Тамбов : ТГТУ, 2015. – 80 с.

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.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЯВЛЕНИЯ АНОМАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

А. В. Мордовин, А. А. Иванов, Н. А. Лежнева, С. П. Москвитин

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

Одним из методов контроля достоверности навигационных данных является выявление аномалий в полученных значениях координат, которые возникают при низком соотношении сигнал–шум [2, 3].

В ходе эксперимента использовались два идентичных устройства, каждое из которых состоит из GPS приемника u-blox NEO-M8N; платформы Arduino Nano V3.0, основанной на микроконтроллере ATmega328; модуля для подключения SD-карты с интерфейсом SPI.

Для исключения аппаратной ошибки со стороны микроконтроллеров и приемников, выход полученных географических координат за пороги ($M[x] \pm 3\sigma_x$) [1] должен фиксироваться на обоих устройствах, где $M[x]$ – математическое ожидание географической координаты, σ_x – среднеквадратичное отклонение (СКО).

В ходе эксперимента проводилась запись значений координат в течение 10 мин. Для уменьшения соотношения сигнал–шум на некотором расстоянии от GPS-приемников был установлен источник широкополосной помехи. Спустя 5 мин после начала работы GPS приемников, было проведено включение источника помехи на 3 мин, благодаря чему соотношение сигнал–шум каждого приемника резко уменьшилось. Одновременно с этим значительно изменились координаты широты, долготы и высоты, полученные обоими приемниками.

Для наглядности, на рис. 1 представлены графики изменения только географической широты, записанные первым и вторым приемником, их пороги аномальных измерений, а также среднее значение соотношения сигнал–шум обоих приемников.

На данном рисунке сплошной линией представлено соотношение сигнал–шум на входе приемника, тонкой пунктирной линией – координаты широты, полученные первым приемником, жирной пунктирной линией – вторым приемником, штриховой и штрихпунктирной линией – границы аномальных измерений. Для координат восточной долготы и высоты появление аномальных измерений также зависит от соотношения сигнал–шум.

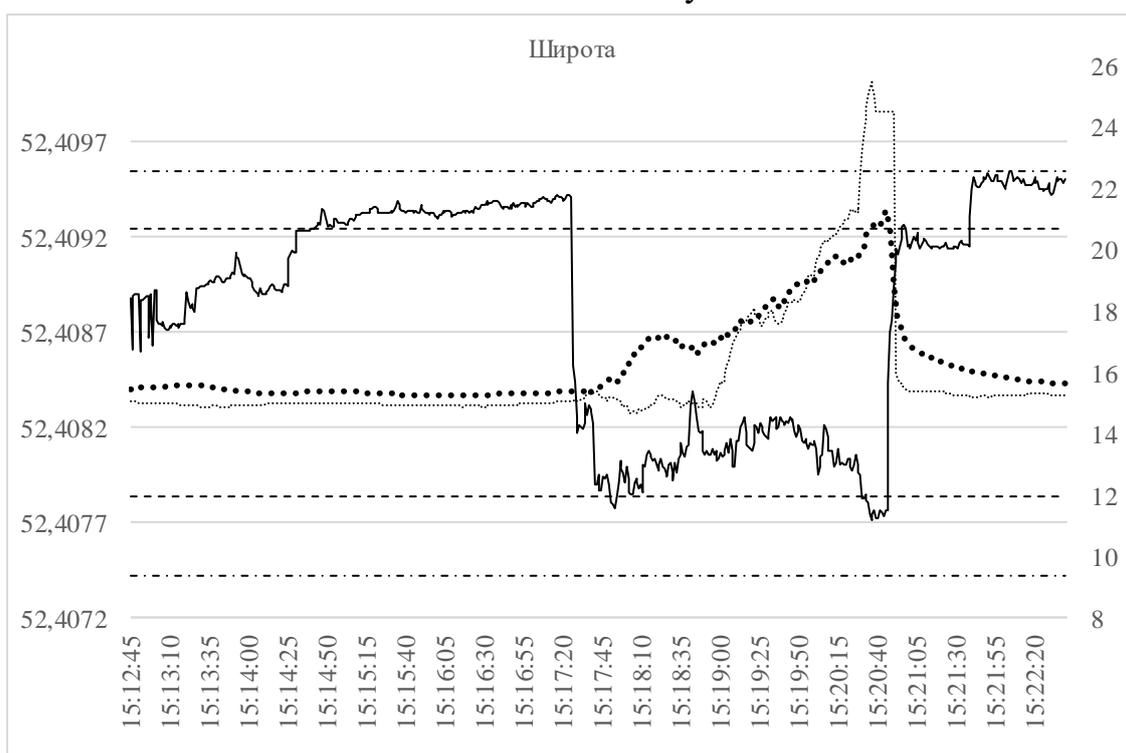


Рис. 1. График изменения северной широты

Таким образом, в ходе экспериментального исследования было показано, что на появление аномальных измерений координат прямо влияет уменьшение соотношения сигнал-шум ниже некоторого порога чувствительности приемника. Так же было исключено влияние аппаратных ошибок на появление аномальных измерений, применяя два идентичных измерительных канала, не зависящих друг от друга.

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. Ярлыков, М. С. Марковская теория оценивания случайных процессов / М. С. Ярлыков, М. А. Миронов. – М. : Радио и связь, 1993. – 464 с.

ЭКСПЕРТНЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬЮ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

А. А. Адамова

Московский государственный технический университет
им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия
(e-mail: arinaadamova75@gmail.com).

Цифровая трансформация промышленности, внедрение концепций «Индустрия 5.0» и «Бережливое производство» обуславливают задачи создания новых ценностей при минимизации затрат. При этом обеспечение такого качественного показателя в приборостроении, как технологичность, продолжает оставаться актуальной проблемой.

Под технологичностью устройства (изделия, прибора, аппарата) понимается комплексный показатель, учитывающий совокупность свойств изделия, определяющих приспособленность его конструкции к минимизации ресурсов при его производстве, эксплуатации и утилизации [1]. Управление технологичностью – это совокупность методов по обеспечению приемлемых показателей технологичности изделий электронной техники (рис. 1).



Рис. 1. Классификация методов управления технологичностью

Современное производство – это, в первую очередь, новые «умные фабрики» и производственные цифровые модели [2]. Цифровые технологии, системные подходы эвристического и информационного моделирования, теории визуального моделирования и массового обслуживания и информации ускоряют процесс разработки и позволяют производить изделия нового поколения, продукты с новой ценностью [3, 4].

Современное цифровое предприятие функционирует в едином информационном поле. Только в таких условиях можно обеспечить массовую кастомизацию и производить сложные высокотехнологичные продукты, учитывая требования заказчиков и рынка, гибко реагируя на смену требований и создавая новые ценности.

К основным недостаткам классических методов управления технологичности следует отнести схематичность и обособленность показателей технологичности, отсутствие взаимосвязанности между их структурным набором и стадией расчета, а также отсутствие конкретных рекомендаций по выбору и обоснованию наилучших значений показателей для различных групп приборов с учетом производственных условий их выпуска в заданном объеме.

Значительной проблемой является и выбор показателей технологичности. В последнее время для решения этой проблемы используются различные методы экспертной оценки и принятия решений [5]. Наибольший интерес представляет комплексный метод оценки ТК, предполагающий использование во взаимосвязи методы качественных и количественных оценок технологичности. Проведенный анализ существующих способов управления технологичностью в приборостроении (рис. 1) показал, что обоснованный выбор показателей технологичности должен осуществляться на основе методов экспертных оценок [5].

Библиографический список

1. Адамова, А. А. Моделирование технологичности электронных средств в среде MATLAB / А. А. Адамова, А. П. Адамов. – Махачкала : Формат, 2023. – 167 с.
2. Адамова, А. А. Применение инструментов когнитивной графики в преподавании конструкторско-технологических дисциплин / А. А. Адамова // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2016. – № 3(163). – С. 79 – 85.
3. Адамов, А. П. Семантический анализ перспективных изделий микро- и наноэлектроники с точки зрения увеличения ключевых показателей качества и технологичности / А. А. Адамова, А. П. Адамов // Надежность и качество сложных систем. – 2017. – № 3(19). – С. 94 – 101.
4. Адамов, А. П. Дифференциальные коэффициенты оценки технологичности электронных средств и их применение при структурно-функциональном моделировании производственных систем / А. А. Адамова, А. П. Адамов, А. И. Власов // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Серия Приборостроение. – 2015. – № 5(104). – С. 109 – 123.
5. Интегрированная система мониторинга национальной нанотехнологической сети / Г. Л. Азоев, Н. В. Белозерова, М. К. Борисова и др. – М. : Изд-во РНЦ «Курчатовский институт», 2011. – 83 с.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УРОВНЕМЕРОВ

Ю. А. Балыбердин, Е. В. Резчикова, В. А. Соловьев, К. Ф. Фан

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана,

Москва, Россия

(e-mail: vlasov@iu4.ru)

Система контроля параметров жидкости представляет собой высокотехнологичное комплексное устройство, реализуемое в концепции «Интернета вещей» [1]. Данная система выступает в качестве ключевого элемента в обеспечении эффективности и безопасности различных технологических процессов, где жидкость играет важную функциональную роль. В современном контексте разработки технологий вопросы оптимизации играют ключевую роль, и морфологический анализ представляет собой мощный инструмент для анализа и выбора наилучших решений из полученного морфологического множества (рис. 1) [2, 3].

Морфологический анализ позволяет структурировать и анализировать множество признаков, ускоряя процесс выбора оптимального решения. Этот метод может быть ценным инструментом для инженеров, проектировщиков и всех, кто сталкивается с задачей выбора технических решений.

Морфологический анализ вариантов контроля параметров жидкостей (рис. 1) предоставляет систематический подход к решению проблемы выбора наилучшей системы.

Признак объекта	Варианты реализации признаков			
	1	2	3	4
А Микро-контроллер	А1 Atmega328	А2 STM32	А3 ESP8266	А4 ESP32
Б Тип датчика уровня	Б1 Емкостный датчик уровня	Б2 Гидростатический датчик уровня	Б3 Поплавковый датчик уровня	Б4 Ультразвуковой и радарный датчики уровня
В Интерфейс передачи данных	В1 По проводу к экрану	В2 Bluetooth	В3 RS485	В4 Wi-Fi
Г Тип жидкости	Г1 Вода	Г2 Пищевая жидкость	Г3 Нефтепродукт	Г4 Химические вещества
Д Интерфейс пользователя	Д1 Веб-приложения	Д2 Мобильное приложение, Приложение для ПК	Д3 Экран монитора	

А1	А2	А3	А4
Б1	Б2	Б3	Б4
В1	В2	В3	В4
Г1	Г2	Г3	Г3
Д1	Д2	Д3	

Рис. 1. Признаковая матрица объекта и его «морфологический ящик»

Рассмотренные шесть вариантов демонстрируют разнообразие возможных решений и их адаптацию к конкретным условиям, таким как тип жидкости, цель использования и доступные технологии. Наличие большого количества вариантов создает предпосылки гибкого и оперативного принятия решения о необходимом устройстве контроля. Шесть вариантов, рассмотренных выше, представляют собой лишь простые варианты. Сложная комбинированная

система может включать в себя различные варианты для каждого признака. Например, система может быть интегрирована с GRID-инфраструктурой, передавать беспроводные данные через Wi-Fi и также передавать проводные данные по различным интерфейсам, в том числе и в облачное хранилище [4].

Важным выводом является то, что выбор системы контроля параметров жидкостей должен быть ориентирован на конкретные потребности и требования пользователя. Например, в зависимости от среды, где применяется система, можно выбрать различные типы датчиков, интерфейсов передачи данных и микроконтроллеров.

Библиографический список

1. Berdyugina, O. N. Technological Platform for Innovative Social Infrastructure Development on Basis of Smart Machines and Principles of Internet of Things / O. N. Berdyugina, A. I. Krivoshein, A. I. Vlasov // Proceedings 2018 Global Smart Industry Conference, GloSIC 2018. – 2018. – No. 8570062.

2. Резчикова, Е. В. Морфологический подход к анализу многослойных печатных плат со встроенными компонентами / Е. В. Резчикова, А. А. Жукова, А. М. Долуханян, В. А. Соловьев // Технологии инженерных и информационных систем. – 2020. – № 1. – С. 71 – 82.

3. Жалнин, В. П. Морфологический подход к выбору ресурсов для проектирования измерительного стенда / В. П. Жалнин, И. А. Филин, В. А. Соловьев // Технологии инженерных и информационных систем. – 2023. – № 1. – С. 47 – 63.

4. Vlasov, A. Development of Smart Grid Technologies: Organizational and Communication Aspects / A. Vlasov, A. Adamova, K. Selivanov // E3S Web of Conferences. TRESP. – 2021. – No. 8001.

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ МНОГОМОДЕЛЬНОГО ФИЛЬТРА К ИЗМЕНЕНИЮ ВХОДНОГО СИГНАЛА

Е. А. Антонов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: e.a-nov98@mail.ru)

Как показывают исследования, траектории большинства летательных аппаратов содержат существенную гармоническую составляющую [1]. В частности, спектральное представление изменения относительной дальности

РЛС-цель для двух типичных траекторий (вираж – 1 и полет с проходом траверсы – 2) имеет вид (рис. 1).

Из рисунка видно наличие колебательной составляющей на частоте примерно 0,03 Гц. И это характерно для большинства типов маневров.

Поэтому представляется целесообразным применять в качестве модели движения цели модель в виде системы дифференциальных уравнений второго порядка.

В программной среде MathCAD на вход смоделированного фильтра подавался сигнал следующей формы (рис. 2), имеющий участок с большой амплитудой сигнала и участок с плавно нарастающей амплитудой сигнала.

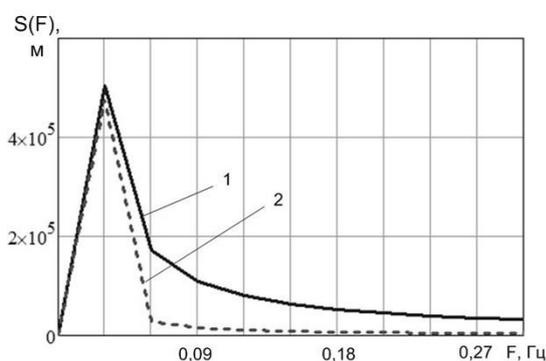


Рис. 1. Спектр изменения дальности для двух траекторий

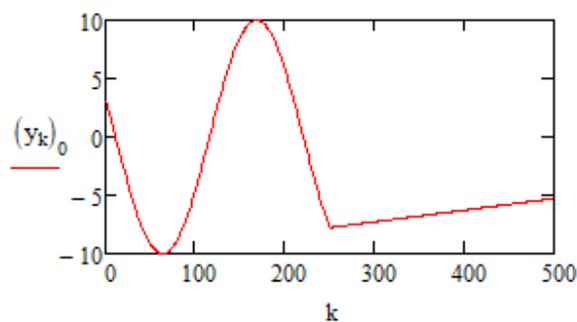


Рис. 2. Форма входного сигнала

На рисунках 3 и 4 представлены графики зависимости СКВ-погрешности фильтра от изменения амплитуды и частоты входного сигнала соответственно.

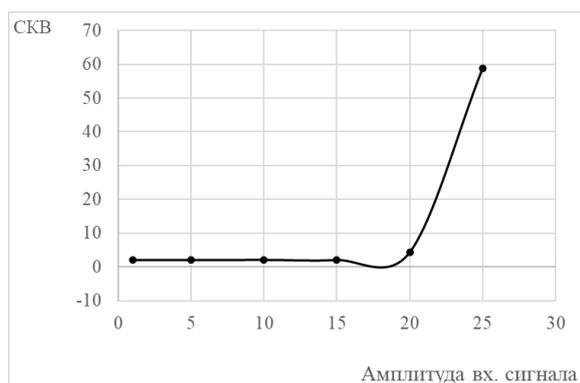


Рис. 3. График зависимости СКВ-погрешности от изменения амплитуды входного сигнала

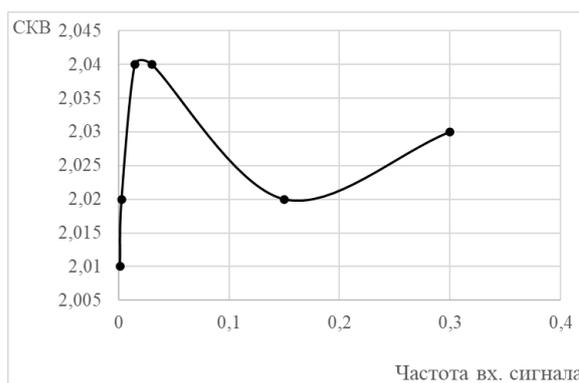


Рис. 4. График зависимости СКВ-погрешности от изменения частоты входного сигнала

Таким образом, изменение амплитуды входного сигнала не влияет на СКВ-погрешности фильтра до тех пор, пока она не превышает порогового значения, заданного настройками фильтра (в данном опыте пороговое значение

амплитуды – 19,5). После превышения амплитуды данного порогового значения часть сигнала отсекается фильтром и СКВ-погрешности резко увеличиваются. Так же было выявлено, что изменение частоты входного сигнала практически не оказывает влияния на СКВ-погрешности фильтра.

Библиографический список

1. 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. – 2020. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112, pp. 1.

2. Panasyuk, Yu. N. Synthesis of an Algorithm for Angle Measurement Channel of the Information-Measuring System of a Maneuvering Aircraft Given its Dynamic and Kinematic Characteristics / Yu. N. Panasyuk, A. P. Pudovkin, S. N. Danilov // 1st International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA. – 2019. – P. 73 – 76.

3. Коновалов, А. А. Основы траекторной обработки радиолокационной информации / А. А. Коновалов. – СПб. : Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. – 164 с.

4. Оценивание дальности и скорости в радиолокационных системах. Ч. 3. / В. С. Верба, В. И. Меркулов, В. В. Дрогалин и др. ; под ред. В. С. Вербы и В. И. Меркулова. – М. : Радиотехника, 2010. – 472 с.

5. Льюнг, Л. О точности модели в идентификации систем / Л. Льюнг // Техническая кибернетика. – 1992. – № 6. – С. 55 – 63.

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ МАЛЫХ БПЛА

Е. А. Антонов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: e.a-nov98@mail.ru)

В настоящее время идет активная фаза внедрения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для выполнения огромного спектра различных задач, будь то военная разведка или курьерская доставка.

Главными проблемами обнаружения малогабаритных БПЛА является их небольшое значение эффективной площади отражения (ЭПО) и маневренные свойства. Небольшие размеры и масса, отсутствие пилота, а также способность

развивать скорости до 200 км/ч позволяют таким ЛА перемещаться близко к земной поверхности (на высоте менее 20 м от Земли) и обходить зоны обзора РЛС.

Дальность обнаружения малогабаритных БПЛА невелика и при нахождении БПЛА в зоне обзора РЛС. Обусловлено это размерами ЛА и материалами, из которых они изготавливаются (в настоящее время все больше экземпляров делаются из пластика и полимеров). Для сравнения, современные летательные аппараты типа «СТЕЛС» обладают показателями ЭПО, примерно в 5 раз превышающими показатели малых БПЛА, несмотря на применение радиопоглощающих материалов.

1. Средние значения ЭПО для различных ЛА

Тип цели	ЭПО, м ²
Бомбардировщик	от 1 до 30
Штурмовик	от 9 до 12
Разведчик	от 4 до 25
Истребитель	от 1 до 12
«СТЕЛС»	от 0,3 до 1
Малогабаритный БПЛА	от 0,005 до 0,1

Такая комбинация характеристик дает малогабаритным БПЛА небольшие значения ЭПО, что приводит к дальностям обнаружения таких аппаратов менее 2 км.

Сложности также могут возникать при использовании на борту БПЛА пассивных и активных средств противодействия обнаружению. К таким можно отнести передатчики ответных помех с сигналами, отраженными от реальных целей, используемые для имитации крупноразмерных целей.

Помимо прочего, малые БПЛА обладают высокой маневренностью. Чаще всего применяются двигательные установки вертолетного типа, что позволяет выполнять некоторые маневры, например, резкие изменения направления движения, «змейка», а также режимы полета с периодическим зависанием в воздухе. Последние режимы полета особенно часто вводят в заблуждение системы слежения за целью и имитируют мерцающие помехи. Возможность сброса скорости до околонулевых значений и зависание в воздухе приводит к срыву сопровождения ЛА импульсно-доплеровскими РЛС.

Пространственные эволюции сверхманевренных ЛА сопровождаются появлением поперечных и продольных ускорений со сложными законами их изменений, что приводит к дополнительной частотной модуляции отраженных сигналов и расширению их спектров. В результате ухудшаются условия согласованной фильтрации в процессе обработки сигналов.

Для решения данных проблем обнаружения малогабаритных БПЛА необходимо использовать разные методы обнаружения (акустическая разведка, оптические каналы, ИК-каналы, радиоразведка каналов управления) в одной системе с эффективным фильтром обработки информации, что за счет разных физических основ измерений и избыточности информации повышает вероятность обнаружения малогабаритных БПЛА и точность слежения за ними.

Библиографический список

1. Макаренко, С. И. Противодействие беспилотным летательным аппаратам : монография / С. И. Макаренко. – СПб. : Научные технологии, 2020. – 204 с.
2. Основы построения радиолокационных станций радиотехнических войск : учебник / В. Н. Тяпкин, А. Н. Фомин, Е. Н. Гарин и др. ; под общ. ред. В. Н. Тяпкина. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т., 2011. – 536 с.
3. Коновалов, А. А. Основы траекторной обработки радиолокационной информации / А. А. Коновалов. – СПб. : Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. – 164 с.
4. Радиолокационные системы : учебник / В. П. Бердышев, Е. Н. Гарин, А. Н. Фомин и др. ; под общ. ред. В. П. Бердышева. – Красноярск : СФУ, 2012. – 402 с.
5. Оценивание дальности и скорости в радиолокационных системах. Ч. 3 / В. С. Верба, В. И. Меркулов, В. В. Дрогалин и др. ; под ред. В. С. Вербы и В. И. Меркулова. – М. : Радиотехника, 2010. – 472 с.

Секция 2
**ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ, ИНФОРМАЦИОННО-
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ
В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И СВЯЗИ**

**МЕТОД КОНТРОЛЯ СВОБОДНОЙ ВОДЫ РЕАКТИВНЫХ ТОПЛИВ
ПИЛОТИРУЕМЫХ И БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

М. А. Суслин

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

Перспективные ударно-разведывательные стратегические беспилотные комплексы предполагается оснащать реактивными двигателями, топливом которых служит авиационный керосин марок ТС-1 или РТ. Важным контролируемым параметром данных видов авиационных топлив является наличие эмульсионной влаги. Ее превышение 0,0015% масс. или 0,0012% об. [1 – 4] с точки зрения безопасности полета опасно. Попадая на металлическую поверхность топливных фильтров, эмульсионная влага замерзает, что может привести к прекращению подачи топлива. Контроль реактивного топлива перед вылетом пилотируемых летательных аппаратов на предмет наличия эмульсионной влаги также продолжает оставаться актуальной задачей.

Предлагается метод измерения эмульсионной влаги в авиационных топливах с использованием высокочастотной колебательной системы в виде цилиндрического объемного резонатора (ЦОР). Суть метода заключается в помещении исследуемого объема воды в пучность (максимум) электрического поля колебания H_{011} – это половина высоты и середина радиуса резонатора. Далее капли прижимаются тонкой диэлектрической пластиной (трансформация в тонкий плоский слой) и измеряется изменение добротности, вызванное наличием объема влаги.

Физической основой увеличения чувствительности является следующее. Силовые линии электрического поля пространственного колебания H_{011} представляют собой концентрические окружности, параллельные пластине-основанию. Когда межфазные границы трансформируются, и тонкий слой влаги становится частью поверхности пластины-основания, электрическое поле вне и внутри указанного объема прижатой капли, согласно граничных условий выравнивается (силовая линия электрического поля становится касательной

поверхностям прижатой капли и пластины-основания). Таким образом, в объеме прижатой капли возникает рост напряженности электрического поля, и, как следствие, растет чувствительность к диэлектрическим потерям.

Некоторые результаты экспериментальных исследований приведены в табл. 1 и 2. Эксперимент показывает большую, чем на порядок, чувствительность информативного параметра к объему влаги после прижатия по сравнению со свободно лежащими каплями.

1. Нагруженная добротность при различных объемах свободно расположенных капель влаги на пластине-основании и частоте 2,768 ГГц

$V_{вл}$, мкл	0	25	50	100
Экспериментальные значения Q_n	$27\ 700 \pm 700$	$23\ 200 \pm 1000$	$19\ 900 \pm 1000$	$15\ 700 \pm 1000$

2. Нагруженная добротность при различных объемах прижатых капель влаги на пластине-основании и частоте 2,768 ГГц

$V_{вл}$, мкл	0	0,5	1	2	3	4	5	6	7
Экспериментальные значения Q_n	$26\ 300 \pm 700$	$25\ 000 \pm 800$	$21\ 500 \pm 700$	$18\ 600 \pm 700$	$16\ 000 \pm 700$	$14\ 000 \pm 600$	$12\ 400 \pm 600$	$11\ 100 \pm 600$	$10\ 100 \pm 500$

Предложенный метод может быть положен в основу разработки компактных приборов с использованием микроволновых резонансных первичных измерительных преобразователей для контроля свободной влаги авиационных топлив в условиях аэродрома.

Библиографический список

1. ГОСТ 10227–2013. Топлива для реактивных двигателей. Технические условия. – М. : Стандартинформ, 2014. – 21С.
2. ГОСТ 32595–2013. Топливо авиационное для газотурбинных двигателей ДЖЕТ А-1 (JET А-1). Технические условия. – М. : Стандартинформ, 2014. – 19 с.
3. СТБ 1634–2006. Топлива дистиллятные. Определение свободной воды и механических примесей визуальным методом. – Минск : Госстандарт, 2006. – 10 с.
4. ГОСТ Р 54281–2010 Нефтепродукты, смазочные масла и присадки. Метод определения воды кулонометрическим титрованием по Карлу Фишеру. – М. : Стандартинформ, 2014. – 16 с.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УЧЕТА И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ТРЕХФАЗНЫХ СЧЕТЧИКОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Т. В. Волкова¹, О. Н. Бодин², Н. В. Лямзин¹

¹АО НПП «Рубин» входит в концерн радиостроения «Вега»
(e-mail: volk-t@yandex.ru)

²Пензенский государственный технологический университет
(e-mail: bodin_o@inbox.ru)

В условиях рыночной экономики, где электроэнергия (ЭЭ) является товаром, требования к ее качеству неуклонно растут. В этом контексте возрастает актуальность автоматизированного контроля качества ЭЭ на основе постоянного мониторинга ее показателей.

Один из возможных вариантов построения системы мониторинга и управления качеством электроэнергии (СМиУКЭ) состоит в использовании архитектуры, которая предусматривает установку приборов, измеряющих параметры ЭЭ на подстанциях, которые передают значения в центр обработки данных, где осуществляются расчетные задачи и хранится информация.

Использование такого подхода сталкивается с определенными сложностями в реализации, это связано с ограниченной пропускной способностью каналов связи, а также высокими требованиями к серверным ресурсам, необходимым для хранения и статистической обработки результатов измерений.

Более целесообразно рассматривать вариант построения СМиУКЭ, основанный на использовании многофункциональных измерительных анализаторов показателей качества электроэнергии (ПКЭ), так как они выполняют статистическую обработку и оценку ПКЭ, хранят данные в независимой памяти, передавая по каналам связи уже обработанные результаты расчетов. Это, безусловно, более надежное решение, которое не предъявляет высоких требований к каналам связи и серверам для сбора данных.

Одним из средств измерений, объединившим в себе функции учета и контроля качества электрической энергии, является счетчик ЭЭ многофункциональный «Ресурс–Е4» (далее – счетчик, прибор). Данный прибор является разработкой НПП «Энерготехника» г. Пенза.

Основная цель заключается в проверке степени соответствия качества электроэнергии определенным стандартам.

Другая его задача – анализировать качество электроэнергии для выявления возможных источников и причин ухудшения качества, а также для разработки мер по улучшению режимов электроснабжения и энергопотребления.

Содержимое архивов может быть передано через коммуникационные интерфейсы на внешние устройства для последующей обработки и анализа.

Внешний вид счетчиков представлен на рис. 1.

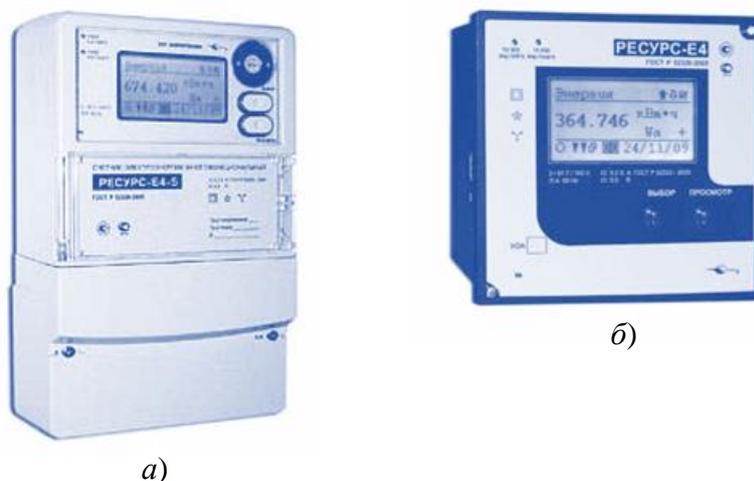


Рис. 1. Счетчик электрической энергии multifunctional «Ресурс–Е4»:

а – для навесного монтажа; *б* – для щитового монтажа

Счетчик «Ресурс–Е4» имеет нескольких независимо функционирующих коммуникационных интерфейсов: RS–232, RS–485, IrDA, Ethernet и поддерживает стандартные протоколы передачи данных: МЭК 60870–5–101; МЭК 60870–5–104; Modbus RTU (ASCII, TCP). Также используется Web-интерфейс.

Прибор оснащен дополнительными функциями, которые не характерны для обычных счетчиков и измерителей ПКЭ:

- телеметрическое управление через восемь импульсных выходов. Эти выходы могут быть настроены на генерацию импульсов, пропорциональных измеряемой энергии, или на создание дискретных сигналов в соответствии с заданной логической функцией, охватывающей до 20 условий;
- регистратор аварийных событий, который записывает мгновенные значения сигналов и огибающие среднеквадратических значений сигналов;
- цифровой осциллограф, позволяет анализировать форму сигналов напряжений и токов.

Библиографический список

1. ГОСТ 32144–2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ «ЭРЛАН» ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Ю. Т. Зырянов¹, С. А. Колычев², А. Ю. Наумова²

¹Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: zut-tmb@mail.ru; nastja.naumova@mail.ru)

²Кирсановский авиационный технический колледж-филиал МГТУ ГА,
Кирсанов, Россия
(e-mail: kolychev.sa@yandex.ru)

В настоящее время техническое обслуживание беспилотных воздушных судов (БВС) в России столкнулось с серьезной проблемой – отсутствием систем информационного обеспечения для управления техническим состоянием БВС в процессе эксплуатации. Разработка или адаптация существующих отечественных информационных систем управления техническим состоянием является одним из основных факторов повышения эффективности применения БВС, а вопрос внедрения отечественной системы интегрированной логистической поддержки российской авиационной техники приобрел определяющее значение [1]. Среди отечественных информационных систем наибольшего внимания заслуживает система, разработанная научно-производственным предприятием (НПП) «Эрлан». Информационная управляющая система (ИУС) «ЭРЛАН» является неотъемлемой частью системы интегрированной логистической поддержки воздушных судов, представляющей собой комплекс организационно-технических мероприятий, финансово-экономических отношений и средств информационной поддержки послепродажного обеспечения их эксплуатации. ИУС «ЭРЛАН» имеет архитектуру клиент-сервер. Серверная часть системы построена на основе базы данных СУБД PostgreSQL, которая обеспечивает высокий уровень надежности и безопасности хранения информации, а также высокую степень совместимости с различными программными платформами, что значительно упрощает организацию взаимодействия с другими программными продуктами, используемыми в эксплуатирующихся предприятиях. Клиентская часть системы представляет собой комплекс Linux приложений, разработанных с использованием компонентов прямого доступа к базе данных, обеспечивающих высокую скорость работы приложений, в том числе в конфигурациях с удаленным доступом. ИУС «ЭРЛАН» предназначена для информационного сопровождения процессов технической эксплуатации и решает следующие основные задачи:

- учет, контроль и анализ технической исправности воздушных судов; планирование годовых налетов ВС; планирование отхода ВС на ремонт и формирование заявки на проведение ремонтов;
- формирование годового плана проведения форм технического обслуживания (ТО);
- учет наработки основных изделий (ОИ) и агрегатов, установленных на борту;
- контроль отработки ресурсов и других критических остатков;
- формирование объема работ на ТО конкретного объекта исходя из: типовых и индивидуальных периодических работ; действующих бюллетеней; разовых указаний; выработки ресурса агрегатами; ранее выявленных, но оставленных до соответствующей формы ТО отказов и неисправностей;
- учет отказов и неисправностей основных и комплектующих изделий, контроль уровня их надежности;
- учет наличия и состояния агрегатов, находящихся на «земле», контроль их перемещения между структурными подразделениями;
- формирование месячной и годовой (с разбиением поквартально) заявки на поставку запасных частей на основе прогноза дефицита запасов на соответствующий период.

Библиографический список

1. Гольц, Э. Л. Информационные системы интегрированной логистической поддержки эксплуатации авиационной техники / Э. Л. Гольц // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14, № 4(2). – С. 603 – 607.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ «ЭРЛАН» ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

С. А. Колычев

Кирсановский авиационный технический колледж-филиал МГТУ ГА,
Кирсанов, Россия
(e-mail: kolychev.sa@yandex.ru)

Предприятиям и организациям, владеющим беспилотными воздушными судами (БВС), важно обеспечить управляемость процессов их эксплуатации, технического обслуживания и ремонта (ТО и Р), а также управление техниче-

ским состоянием БВС. Эта задача усложняется с увеличением количества БВС и с их распределением на нескольких производственных площадках. В подобных условиях единственным инструментом, обеспечивающим управление, становится информационная управляющая система (ИУС) для обеспечения ТО и Р и управления техническим состоянием.

Целью информационного обеспечения технической эксплуатации БВС является формирование и выработка управляющих воздействий по назначению и выполнению работ для управления их техническим состоянием.

В ходе анализа выделены основные особенности применения ИУС для управления техническим состоянием БВС:

1. Необходимость создания непрерывной информационной связи между техническим руководством предприятия-эксплуатанта БВС и подчиненными подразделениями, службами, отдельными исполнителями и участниками работ по ТО и Р.

2. Необходимость такого информационного взаимодействия всех вовлеченных в ТО и Р лиц, при котором они будут выдавать и получать достоверные, своевременные и полные данные о процессе ТО и Р, а руководители, кроме того, будут пользоваться этими данными для управления ТО и Р.

3. Особенность управления процессами ТО и Р состоит в том, что в нем участвует в том числе персонал, который в силу особенностей использования БВС распределен по технологическим площадкам, удаленным на десятки и сотни километров. Соответственно, для работы ИУС необходим непрерывный и высокоскоростной канал связи.

4. Учитывая распределенный характер работы расчетов БВС, необходимо наличие приложений, адаптированных для мобильных устройств.

Учет этих основных особенностей применения ИУС для управления техническим состоянием БВС позволит успешно внедрить данную систему в процесс эксплуатации БВС.

Библиографический список

1. Дмитриевцев, А. Ю. Информационная система прогнозирования технического состояния телекоммуникационного оборудования / А. Ю. Дмитриевцев, Ю. Т. Зырянов, Н. А. Низар // Цифровая трансформация в энергетике : материалы Четвертой Междунар. науч. конф. – 2023. – С. 37–38.

2. Дмитриевцев, А. Ю. Классификация методов прогнозирования технического состояния радиоэлектронного оборудования / А. Ю. Дмитриевцев, Ю. Т. Зырянов, Н. А. Низар // Цифровая трансформация в энергетике : материалы Четвертой Междунар. науч. конф. – 2023. – С. 38 – 40.

3. Дмитриевцев, А. Ю. Прогнозирование технического состояния радиоэлектронного оборудования / А. Ю. Дмитриевцев, Ю. Т. Зырянов, Н. А. Низар // Цифровая трансформация в энергетике : материалы Четвертой Междунар. науч. конф. – 2023. – С. 40 – 42.

4. Наумова, А. Ю. Формирование базы данных и алгоритма для технического диагностирования телекоммуникационного оборудования информационно-измерительной и управляющей системы / А. Ю. Наумова, А. Ю. Дмитриевцев, Ю. Т. Зырянов // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2023. – № 1(43). – С. 38 – 44.

КАСКАДНЫЕ МНОГОУРОВНЕВЫЕ ИНВЕРТОРЫ С ДВУХУРОВНЕВЫМИ ЯЧЕЙКАМИ

Н. Г. Чернышов, М. Албахри

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: nchtamb@yandex.ru; albahri.m@mail.tstu.ru)

Преимуществом многоуровневого каскадного инвертора с использованием фазосдвигающего трансформатора является возможность равномерной загрузки модулей инвертора, что позволяет использовать принцип модульности, а также уменьшить пульсации выходного напряжения. К недостаткам топологии можно отнести высокую стоимость фазосдвигающего трансформатора и построение ячейки по принципу мостовой схемы.

Исследования показали, что каскадный многоуровневый инвертор с трехуровневыми ячейками, использующий сдвинутую ШИМ с тем же количеством ячеек, позволяет существенно улучшить качество выходного напряжения [1].

Основными преимуществами многоуровневых инверторов являются: обеспечение большей выходной мощности преобразователя, улучшение синусоидальности выходного напряжения и выходного тока, возможность использования высоковольтных полупроводниковых силовых ключей меньших классов, что приводит к снижению стоимости каскадного преобразователя, возможности реализации более низкой частоты переключения силовых IGBT в преобразователе, что приводит к увеличению КПД.

Каскадный преобразователь состоит из трех симметричных фаз. В общем случае каждая фаза состоит из n последовательно соединенных модулей. На рисунке 1 в каждой фазе имеется только один модуль. Каждый модуль (ячейка) содержит независимый источник постоянного напряжения, четыре полупроводниковых силовых ключа (IGBT или MOSFET) с обратными диодами [2].

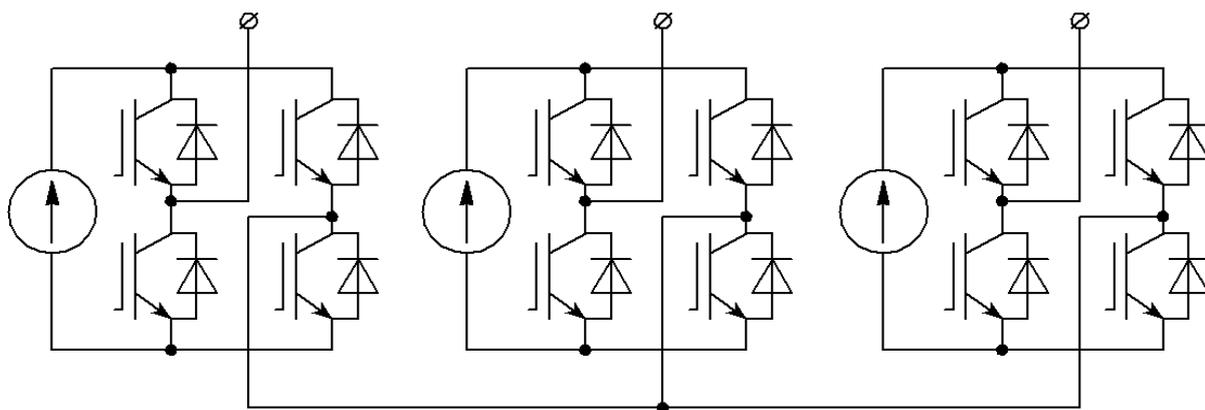


Рис. 1. Каскадный многоуровневый инвертор с двухуровневыми ячейками

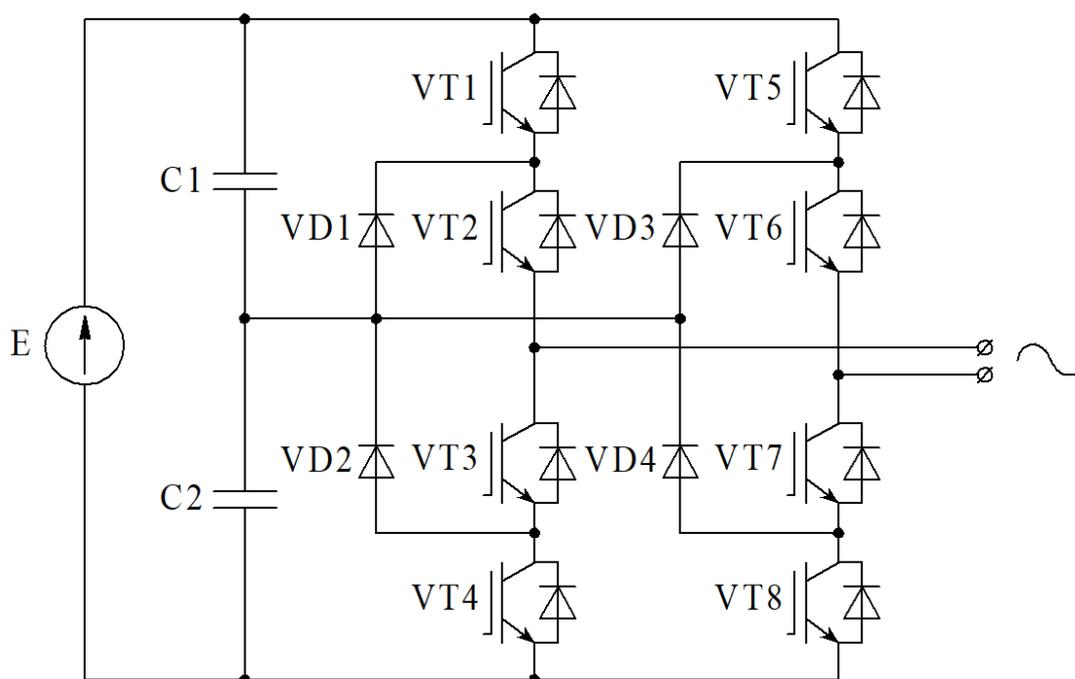


Рис. 2. Трехуровневая ячейка в каскадном многоуровневом инверторе

Для обеспечения лучшего качества выходного напряжения актуальной задачей является выбор оптимальной топологии ячейки и алгоритма модуляции, удовлетворяющей требованиям к качеству электроэнергии и снижающей потери в силовых ключах. Каждая трехуровневая ячейка состоит из независимого источника питания постоянного тока, двух входных конденсаторов, восьми полупроводниковых силовых ключей (IGBT или MOSFET), четырех диодов [3].

Использование трехуровневых ячеек при том же количестве источников питания позволит увеличить количество ступеней выходного напряжения, а, значит, повысить общую синусоидальность выходного напряжения и снизить содержание высших гармоник. При этом реализуемые параметры качества выходного напряжения достаточно сильно зависят от примененного алгоритма модуляции.

Библиографический список

1. Макаров, В. Г. Многоуровневые инверторы напряжения. Обзор топологий и применение / В. Г. Макаров, Р. Н. Хайбрахманов // Вестник Казанского технологического университета. – 2016. – Т. 19, № 22. – С. 134 – 138.
2. Шевырев, Ю. В. Обоснование схемы активного фильтра гармоник на основе гибридного каскадного инвертора / Ю. В. Шевырев, Д. Т. Лич // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2021. – Т. 21, № 2. – С. 105 – 114.
3. Чепига, А. А. Разработка универсальной системы управления каскадным многоуровневым преобразователем / А. А. Чепига, А. С. Анучин. – 2021.

МНОГОУРОВНЕВЫЕ ИНВЕРТОРЫ И МЕТОДЫ ИХ УПРАВЛЕНИЯ

Н. Г. Чернышов, М. Албахри

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: nchtamb@yandex.ru; albahri.m@mail.tstu.ru)

Многоуровневый инвертор обеспечивает более высокую мощность переменного тока, используя серию силовых полупроводниковых переключателей с многочисленными источниками постоянного тока более низкого напряжения для реализации преобразования мощности путем синтеза ступенчатой формы сигнала напряжения. Такие источники, как суперконденсаторы, батареи, солнечные панели и другие источники напряжения возобновляемой энергии составляют множество источников напряжения постоянного тока.

В последнее время многоуровневые преобразователи привлекают все большее внимание в области приложений высокой мощности и среднего напряжения. Эти типы инверторов подходят для приложений с высоким напряжением и большой мощностью благодаря их способности синтезировать сигналы с лучшим гармоническим спектром и достигать более высокого напряжения при ограниченном максимальном номинале устройства [1].

Три инновационные топологии MLI выделяются как основные топологии многоуровневых инверторов, поскольку они применяются в промышленных приложениях:

- Многоуровневый инвертор с фиксированной нейтральной точкой.
- Многоуровневый инвертор с плавающими конденсаторами.
- Каскадный многоуровневый инвертор.

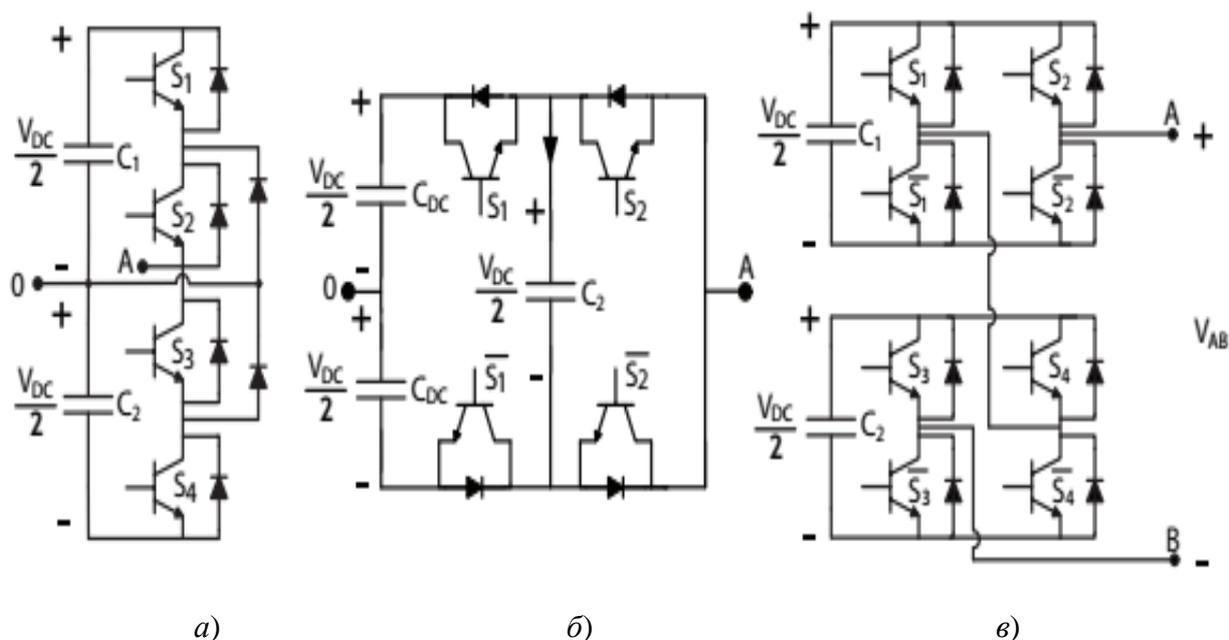


Рис. 1. Наиболее распространенные топологии многоуровневого преобразователя:
a – трехуровневая система с фиксированной нейтралью (NPC);
б – трехуровневая система с «плавающими» конденсаторами (FCC);
в – пятиуровневая топология на базе последовательно соединенных H-мостов (CHB)

Недавно появилось несколько других гибридных семейств ML-инверторов как решение для работы с более высокими уровнями напряжения [15]. Эти гибридные многоуровневые преобразователи состоят из различных многоуровневых топологий с разными источниками напряжения постоянного тока и разными методами модуляции и(или) полупроводниковыми технологиями [2].

Во всех появившихся каскадных топологиях MLI ключевой особенностью является сокращение количества компонентов силовой цепи, значительное снижение стоимости и(или) источников постоянного тока по сравнению с традиционной конфигурацией с той же категорией уровня напряжения. Однако применение различных многоуровневых топологий приводит к полной потере модульности и порождает проблемы с частотой переключения и ограничениями на метод модуляции и управления [3]. В будущем эта тенденция заключается в применении оптоволоконных технологий для датчиков, контроллеров приводов ворот и средств связи.

Библиографический список

1. Капустин, А. В. Многоуровневый преобразователь для электромобиля / А. В. Капустин, Н. И. Щуров, Е. Ю. Абрамов // Повышение эффективности эксплуатации электромеханических преобразователей. – 2003. – С. 382.

2. Применение многоуровневых инверторов напряжения в распределенных устройствах продольной компенсации / П. А. Рашитов и др. // Вестник Московского энергетического института. Вестник МЭИ. – 2021. – № 3. – С. 58 – 66.

3 Митряйкина, И. С. Многоуровневые инверторы напряжения / И. С. Митряйкина // Новые информационные технологии в научных исследованиях. – 2019. – С. 314 – 317.

АЛГОРИТМЫ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ МЕТОДА СИНТЕЗИРОВАННЫХ АПЕРТУР ДЛЯ КОМПЛЕКСОВ ОБНАРУЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ С МАЛОЙ РАДИОЗАМЕТНОСТЬЮ

П. В. Чернов, И. П. Медведев

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: brs-211@mail.ru; tambov685@yandex.ru)

В течение последних двух десятилетий технологии искусственного интеллекта (ИИ) сделали большой рывок вперед и все больше начинают использоваться в различных сферах человеческой деятельности, таких как медицина, развлечения, IT и т.д. Также использование нейросетевых технологий не обошло стороной сферу военного применения. На свет появляются все больше различных концептов и проектов, в которых ИИ применяется с целью облегчения использования вооружения, уменьшения количества людей, обслуживающих комплекс в новых видах вооружения и многое другое.

Также нейросетевые технологии используются в радиолокационных станциях, в которых они могут выполнять широкий спектр задач, например, таких как: улучшение алгоритмов распознавания объектов путем анализа изображений, полученных с радара и их сравнение с заранее заготовленной базой изображений, подбор частот и прочих характеристик радара для определенного объекта исходя из качества полученного изображения и др. [1]

Применение ИИ в комплексах обнаружения беспилотных воздушных судов (БВС) с малой радиозаметностью имеет свои особенности, которые следует учитывать при обучении и настройке нейронной сети. Первой особенностью является небольшое количество отличительных деталей на полученном с радара изображении за счет малой радиозаметности объектов. Второй особенностью является схожесть разных моделей БВС одного и того же типа, что

усложняет их распознавание. Также сложность в сравнении изображений с радара с базой за счет определенного количества помех, которых не будет на изображениях полученных, программно. Пример изображения, полученного программно, приведен на рис. 1 [2].

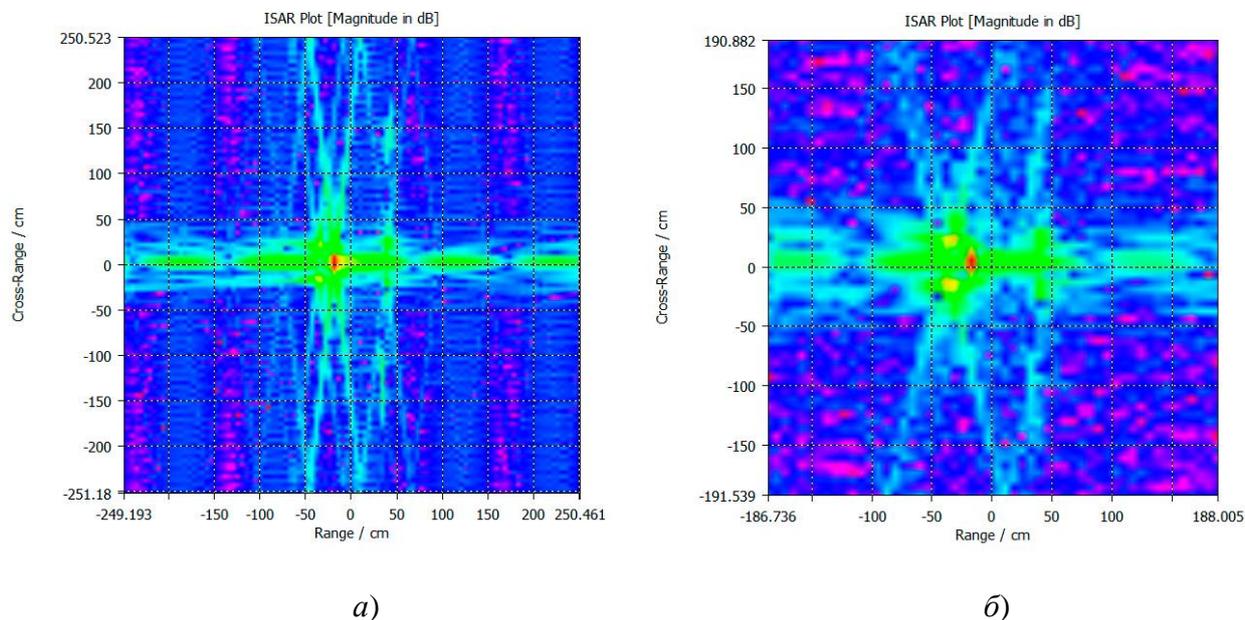


Рис. 1. Полученное изображение БВС с использованием метода синтезированных апертур, сгенерированное программно, на частотах: $a - 12...15$ ГГц; $b - 2...5$ ГГц

Таким образом, использование представленных алгоритмов обучения сетей позволит достаточно эффективно идентифицировать БВС с малой эффективной площадью рассеивания за счет алгоритма, позволяющего анализировать переменную структуру радиоизображений. Также данные результаты могут использоваться не только в системах радиобнаружения, но и в других радиотехнических системах.

Библиографический список

1. 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. – № 3. – С. 390 – 405.
2. Применение многослойных сверточных нейронных сетей при идентификации объектов на радиологических изображениях комплекса обнаружения малых БАС / А. О. Смирнов, О. А. Белоусов, А. А. Тришаков,

М. М. Кирюпин // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы IX Междунар. науч.-практ. конференции, Тамбов, 24–25 октября 2023 года. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2023. – Вып. 9. – С. 199 – 202.

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

А. А. Балашов, Д. В. Корпусов, М. С. Мещерякова, Ю. С. Корябкин

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

Работа посвящена повышению надежности системы теплоснабжения при эксплуатации тепловой сети отдельных магистральных трубопроводов для г. Тамбова. В своде правил СП 124.13330 под надежностью понимают способность обеспечивать в течение заданного времени требуемые режимы, параметры и качество теплоснабжения, которые определяют по трем критериям: вероятности безотказной работы, коэффициентам готовности и живучести.

Вероятность безотказной работы системы теплоснабжения j -го потребителя в течение отопительного периода имеет следующий вид:

$$p_i = \exp \left(- \left(\sum_f \omega_f (\tau_{от} - \tau_{j,f}) \exp \left(- \left(\frac{z_{j,f}}{z_{k,f}^p} \right) \right) \right) \right),$$

где ω_f – параметр потока отказа участка тепловой сети, $(\text{км} \cdot \text{ч})^{-1}$; $z_{k,f}^p$ – среднее время до восстановления участка тепловой сети k -го диаметра, ч; $z_{j,f}$ – время снижения температуры воздуха в здании j -го потребителя до минимально допустимого значения, ч; $\tau_{i,f}$ – продолжительность эксплуатации i -го участка тепловой сети, лет; $\tau_{от}$ – время отказа тепловой сети, ч.

В качестве мероприятия по увеличению надежности системы теплоснабжения от источника тепловой энергии до конкретного потребителя предлагается установить информационно-измерительную систему контроля надежности с установленными датчиками в тепловых камерах магистрали тепловой сети. Схема информационно-измерительной системы (ИИС) контроля надежности тепловых сетей представлена на рис. 1. Элементы ИИС: приемник; сервер; программная подсистема управления; база моделей; лицо, принимающее решение; набор инструкций по действиям [1].

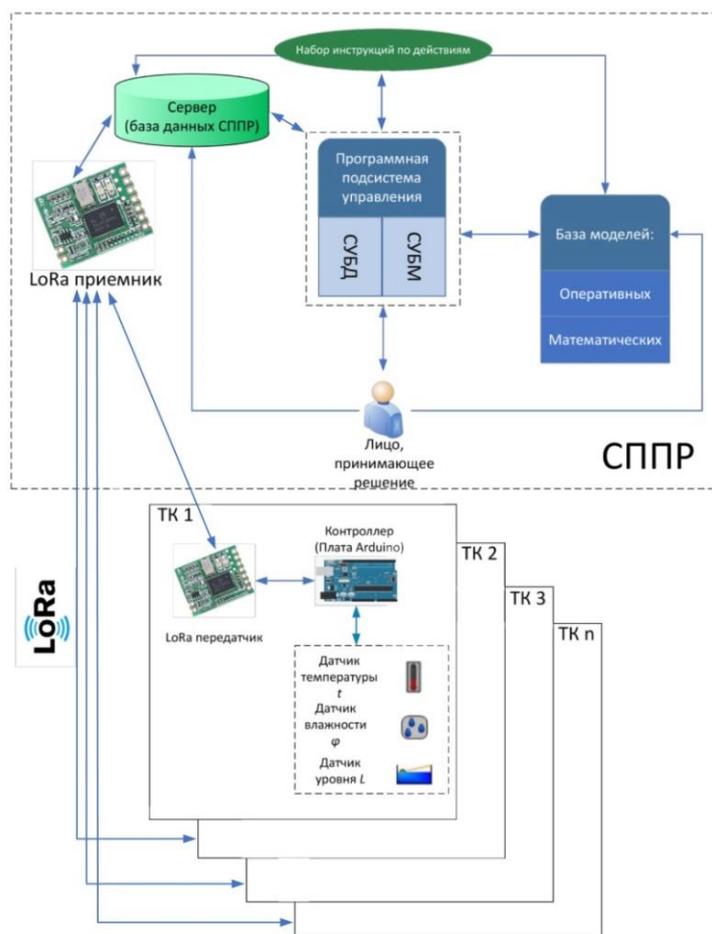


Рис. 1. Схема информационно-измерительной системы контроля надежности тепловых сетей

Датчики по команде от контроллера проводят замер параметров, затем передают их обратно. Передатчик передает значения параметров по беспроводным каналам LoRa, полученные от датчиков, непосредственно на сервер через приемник. ИИС для непрерывного контроля утечек в тепловых камерах, включающая в себя программно-технический комплекс, позволит значительно повысить показатели надежности теплоснабжения, а именно такие параметры, как вероятность безотказного теплоснабжения в течение отопительного периода. Среднее время восстановления i -го участка теплопровода уменьшается минимум в два раза, а надежность работы тепловой сети увеличивается в результате работы ИИС.

Библиографический список

1. Корпусов, Д. В. Повышение надежности теплоснабжения при эксплуатации тепловой сети / Д. В. Корпусов, А. А. Балашов, А. П. Королев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2023. – Т. 29, № 4. – С. 594 – 604.

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА КЛАССИФИКАЦИИ ПРИ КОНТРОЛЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ

К. В. Скоморохов, З. М. Селиванова

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: kirillv6812@gmail.com)

Информационно-измерительная система (ИИС) при проведении теплофизических измерений выполняет функцию распознавания образов при контроле теплофизических параметров объектов в широком диапазоне теплопроводности и в условиях неопределенности. Для повышения достоверности и точности полученных данных о коэффициентах теплопроводности (λ) объектов исследования (строительных материалов, полимеров, наноматериалов и др.) необходимо предварительно провести их классификацию в соответствии с предложенной методикой.

Постановка задачи классификации: необходимо объекты исследования (ОИ) $A = \{A_i, i = 1 \dots B\}$, приведенные в виде матрицы A , разделить на ряде заданных классов. ИИС осуществляет контроль λ материалов, представленных с использованием данного множества:

$$Q = \{V_i, i = \overline{1, B}\}, \quad (1)$$

где V_i – идентификатор i -го ОИ; B – виды исследуемых объектов.

В формализованном виде задача классификации объектов исследования может быть представлена в следующем виде. На основе множества (1) разделение ОИ на n определенных классов N_1, N_2, \dots, N_k осуществляется при выполнении ряда условий. Объекты исследования для одного класса характеризуются близостью по общим признакам (теплофизическим свойствам). Мерой близости является определенное заданное расстояние $l(A_e A_g)$ между A_e и A_g в k -мерном

пространстве; $\bigcup_{i=1}^n N_i = Q$; $\forall i, j = \overline{1, B}, i \neq j: N_i \cap N_j = \emptyset$; $n < B$. «Близость» ОИ

оценивается на основе взвешенного евклидова расстояния:

$$l(A_i, A_j) = \sqrt{\sum_{m=1}^d e_m (l_{im} - \bar{l}_{im})^2}, \quad (2)$$

где e_m – значение весового коэффициента m -го показателя для i -го и j -го объектов; l_{im}, \bar{l}_{im} – интервальное и среднее значения показателя.

Классификация объектов исследования выполняется с использованием следующей методики на основе меры близости (2):

- определяется количество классов k , а также их представителей из видов объектов исследования A_i , $i = \overline{1, m}$;
- из представленных показателей, характеризующих классы, выделяются один или два, являющихся основными, по которым проводится разделение на классы;
- рассчитывается ряд пороговых значений расстояний $l_{\text{пор}}^h$, $h = \overline{1, n}$, соответствующих каждому классу;
- определяются расстояния $l(A_i, A_s)$, $i = \overline{1, B_1}$, $h = \overline{1, m}$, где B_1 – число ОИ в матрице A в результате определения представителей классов (при этом $B_1 = B - m$), с использованием формулы (2), на основе которых формируется решение об отнесении объектов исследования к соответствующим классам;
- анализируются результаты классификации исследуемых объектов и формируется вывод: решение задачи классификации считается выполненным при условии закрепления ОИ за сформированными классами, а также отсутствия ОИ, условно принадлежащих определенному классу, так как они должны быть выделены в отдельный класс N_{m+1} .

Доминирующим признаком при классификации материалов является теплопроводность λ . На основе предложенной методики классификации рассмотренные объекты исследования разделены на три класса: теплоизоляционные (λ до 0,2 Вт/м·К), полимерные (λ до 0,3 Вт/м·К), строительные (λ до 1,0 Вт/м·К).

Применение методики классификации объектов исследования с использованием информационно-измерительной системы способствует принятию рациональных решений при выборе режимно-энергетических параметров теплофизических измерений, метода и алгоритма контроля ТФС исследуемых материалов, повышению их качества.

Библиографический список

1. Селиванова, З. М. Оперативный неразрушающий контроль теплопроводности материалов в строительной промышленности / З. М. Селиванова, К. В. Скоморохов // Вестник Казанского государственного технического университета им. А. Н. Туполева. – 2022. – № 3. – С. 85 – 92.
2. 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.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ

Д. И. Денисова, К. В. Селиванов

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана,
Москва, Россия
(e-mail: vlasov@iu4.ru)

Энергия ветра играет все возрастающую роль во всем мире как возобновляемый энергетический ресурс. По прогнозам ученых, к 2050 году ветер закроет более 1/3 мировых потребностей в электрической энергии [1, 2]. В связи с перспективностью развития данной сферы анализ способов повышения эффективности работы ветрогенераторов является актуальной задачей. На рисунке 1 представлена обобщенная схема преобразования энергии ветроэнергетической установкой и зависимость мощности ветрогенератора от скорости ветра.

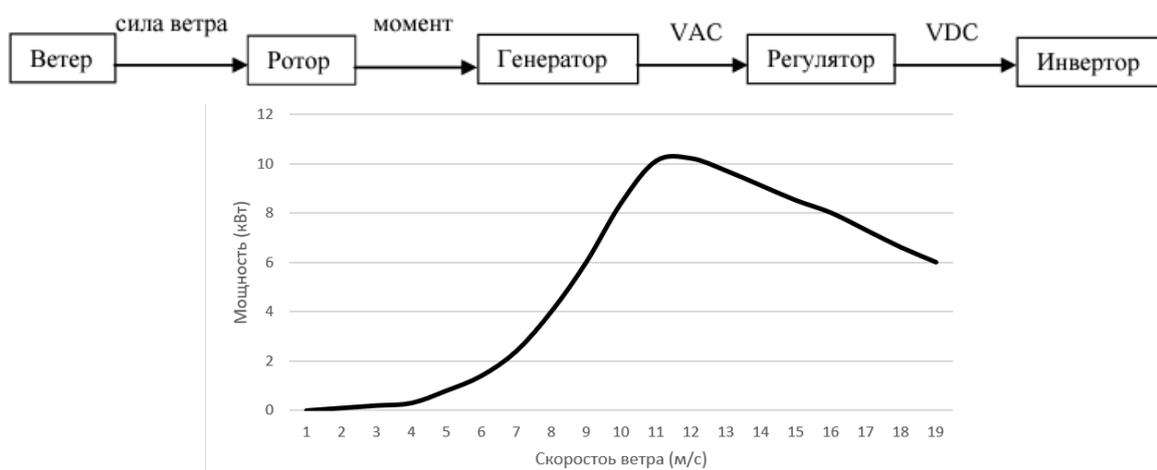


Рис. 1. Схема преобразования энергии ветроэнергетической установкой и зависимость мощности ветрогенератора от скорости ветра

Для вертикального и горизонтального ветрогенераторов коэффициент полезного действия примерно одинаков. Для вертикальных он составляет 20...30%, для горизонтальных – 25...35%. В промышленности прижилась главным образом 3-лопастная конструкция ветрогенератора. Главная причина тому кроется в физике. Выбор количества лопастей зависит от соотношения крутящего момента и скорости вращения лопастей установки. Количество лопастей напрямую связано с эффективностью генератора и скоростью его вращения. При этом, чем выше будет крутящий момент, тем лучше. Ветрогенераторы с двумя лопастями вращаются слишком быстро, но дают небольшой крутящий момент, а значит, производят мало электроэнергии. Единственное преимуще-

ство таких установок в том, что они могут работать даже при самом слабом ветре. Генераторы с четырьмя лопастями вращаются очень медленно, но дают заметно больше крутящего момента и, следовательно, энергии. Но эффективно работать такие генераторы могут только при самом сильном ветре. Хуже того, прирост крутящего момента у 4-лопастного генератора недостаточно высок, относительно модели с 3 лопастями. Поэтому ветрогенератор на 3 лопасти – это золотая середина. Такой дает достаточно энергии, имеет высокий крутящий момент и приемлемую скорость вращения. Одинаково хорошо работает как при слабом, так и при сильном ветре. При этом не теряет своей эффективности из-за нерационально возросшей массы лопастного механизма.

Эффективность ветрогенератора обычно определяется соотношением между выходной мощностью генератора и входной мощностью, получаемой от ветра [3]. Скорость ветра – случайная непрерывная величина. Поэтому одним из ключевых параметров является выбор электромашины, которая преобразует кинетическую энергию ветра в электрическую энергию. В настоящий момент не предложено однозначной формулы конструкции наиболее эффективного ветрогенератора. Выбор электромашины – один из ключевых параметров при конструировании ветрогенератора, напрямую влияющий на производительность, эффективность и стабильность работы. Проведенные эксперименты показали, что бесколлекторный синхронный тип электромашин обеспечивает наибольшую стабильность, производительность и эффективность работы ветрогенератора.

Отдельные результаты получены в рамках проекта «ПРИОР/СН/НУ/22/СП2/5».

Библиографический список

1. Predictive Control Algorithm for a Variable Load Hybrid Power System on the Basis of Power Output Forecast / B. V. Artemiev, K. S. Mironov, J. O. Isroilov, et all. // International Journal of Energy Economics and Policy. – 2022. V. 12. – No. 3. – P. 1 – 7.

2. Adamova, A. Development of Smart Grid Technologies: Organizational and Communication Aspects / A. Adamova, K. Selivanov, A. Vlasov // E3S Web of Conferences. TRESP. – 2021. – No. 8001.

3. Prospects and Challenges of the Machine Learning and Data-Driven Methods for the Predictive Analysis of Power Systems: A Review / W. Strielkowski, K. Muraviev, K Selivanov et all. // Energies. – 2023. – V. 16, No. 10. N. 4025.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОНЫ ДЕЙСТВИЯ ПЕЛЕНГАТОРА ПРИ РАБОТЕ С АКТИВНЫМ РАДИОЭЛЕКТРОННЫМ СРЕДСТВОМ НА БПЛА

И. П. Медведев, П. В. Чернов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: tambov685@yandex.ru; brs-211@mail.ru)

В связи с увеличением количества БПЛА, их номенклатуры, переходом на новые технологии передачи информации, а также с использованием БПЛА не только среди частных лиц и коммерческих компаний, но и силовых структур, актуальной стала проблема и необходимость более раннего обнаружения БПЛА и его локализации в пространстве.

Большинство рабочих диапазонов каналов управления и передачи данных современных БПЛА расположено в интервале частот от 400 до 6000 МГц. Для определения предполагаемого направления движения БПЛА пеленгатору необходимо обеспечивать пеленгование в полном секторе от 0 до 360°, а также возможность обеспечения должной пеленгации в более широком спектре в силу того, что предполагаемая высота нахождения дрона может варьироваться от 10 и до 6000 м.

Ниже рассмотрим пример оценки зоны действия пеленгатора при работе с дронами. На рисунке 1 приведено теоретическое представление работы двух пеленгаторов с разными предельными углами, соответственно α и β , где угол α значительно меньше угла β , H – высота нахождения БПЛА, R и r – радиусы зон потерь точности отслеживания. Соответственно, в зоне «1» оба пеленгатора обеспечивают заявленную точность пеленгования по азимуту, в зонах с обозначением «2» и «3» пеленгатор будет функционировать с значительной потерей точности [1].

Реальными прототипами пеленгаторов для более точной и наглядной оценки в случае с углом α служит портативный пеленгатор с пеленгаторной антенной системой с диапазоном рабочих частот от 3000 до 8000 МГц и аналогичный пеленгатор с антенной системой в рабочих частотах от 220 до 8000 МГц. Обе антенные системы обеспечивают пеленгование в полном секторе от 0 до 360°.

Исходя из графика, приведенного на рис. 2, определяются примерные теоретические зоны потери точности пеленгования. Для пеленгатора с углом $\alpha = 15^\circ$ от 100 м до 12 000 м и для пеленгатора с углом $\beta = 60^\circ$ от 50 м до 1600 м [2].

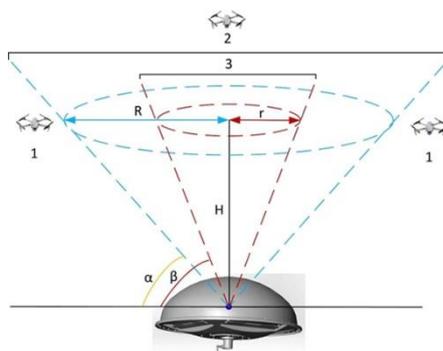


Рис. 1. Наглядное представление зоны потери точности пеленгования

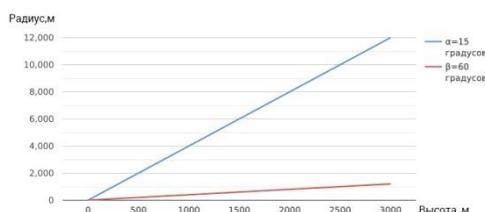


Рис. 2. Зависимость радиусов зон потери точности от высоты полета БПЛА до 3000 м при угле в 15 и 60°

В заключение стоит сказать о том, что определяемая зона потери точности пеленгования напрямую зависит от угла работы пеленгаторной системы. Чем он меньше, тем больше радиус зоны потери при обнаружении БПЛА.

Библиографический список

1. Анализ функционирования систем автоматического обнаружения на основе анализа характера помех от беспилотных летательных аппаратов / М. М. Кирюпин, О. А. Белоусов, В. В. Носков, А. А. Мамедов // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : сб. тр. Восьмой Всерос. молодеж. науч. конф. – 2023. – С. 184–185.
2. Применение многослойных сверточных нейронных сетей при идентификации объектов на радиоголографических изображениях комплекса обнаружения малых БАС / А. О. Смирнов, О. А. Белоусов, А. А. Тришаков, М. М. Кирюпин // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2023. – Вып. 9. – С. 199 – 202.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ КРАТКОСРОЧНОМ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ТРАФИКА 5G

Б. Р. Сегизбаева, Д. В. Кутузов

Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия
(e-mail: segizbaevabella@mail.ru; sviaz@astu.org)

В рамках исследования были использованы данные о трафике 5G, включающие временные ряды объемов передаваемых данных. Для сравнительного анализа были выбраны различные модели машинного обучения, включая наивную сезонную модель, экспоненциальное сглаживание, линейную регрессию, ARIMA, Theta и N-BEATS [1]. Каждая модель была обучена на обучающей выборке с использованием стандартных процедур и алгоритмов машинного обучения. После обучения моделей их эффективность была оценена на тестовой выборке с использованием различных метрик, таких как среднеквадратическая ошибка (MSE), средняя абсолютная ошибка (MAE) и другие [2, 3]. Анализ результатов: после оценки эффективности моделей был проведен анализ полученных результатов для определения наилучшей модели для прогнозирования трафика 5G. Для прогнозирования были использованы наборы данных трафика 5G от крупного оператора мобильной связи. Набор данных представляет собой трафик онлайн-трансляции видеоигр, создающий серьезную нагрузку на сеть 5G. На рисунке 1 представлен график интенсивности поступления информационных пакетов в течение 10 мин.

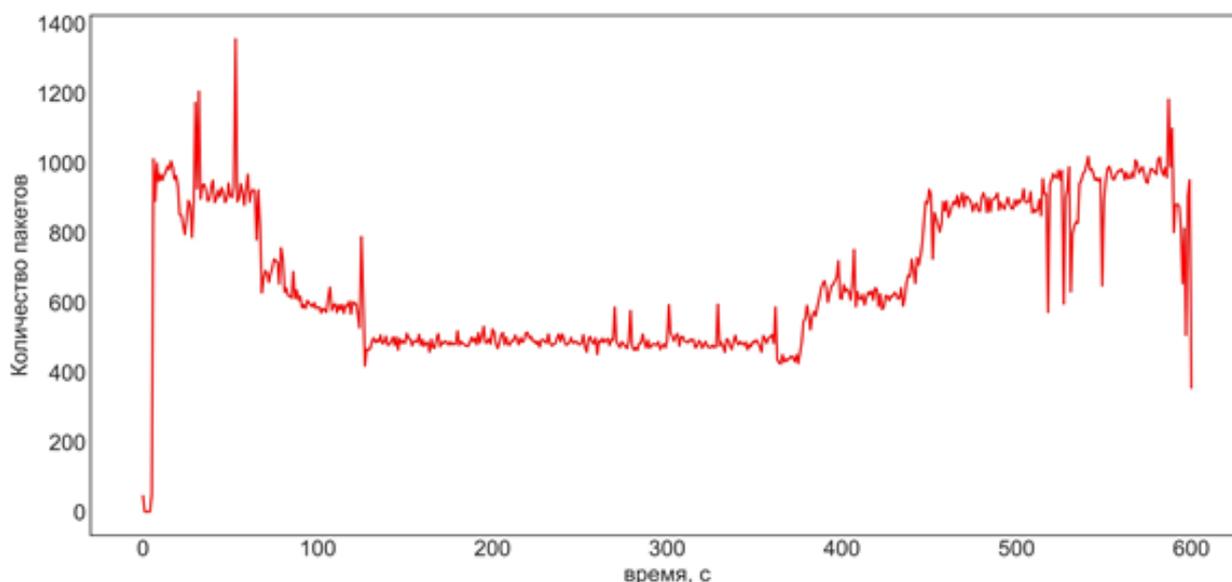


Рис. 1. Интенсивность поступления информационных пакетов в течение 10 мин

1. Полученные показатели метрик исследуемых моделей

Исследуемые модели	Показатели			
	MAE	RMSE	MAPE	SMAPE
Наивная сезонная	84,28	116,67	10,42	9,80
Экспоненциальное сглаживание	85,92	136,10	11,59	9,58
Линейная регрессия	232,64	264,91	24,99	29,25
Авто ARIMA	87,86	115,70	10,72	10,19
Метод Theta	65,48	104,48	8,74	7,71
Нейросеть N-BEATS	58,34	111,95	8,34	6,85

Набор данных был разделен на обучающую (80%) и валидационную (20%) части. Сравнение качества обучения различными моделями представлено в таблице (табл. 1).

В результате исследования было выявлено, что наилучшие результаты прогнозирования трафика 5G показал метод N-BEATS, основанный на нейронных сетях. Этот результат свидетельствует о потенциале нейросетевых моделей в области прогнозирования трафика 5G.

Библиографический список

1. Nielsen, A. Practical Time Series Analysis: Prediction with Statistics and Machine Learning. Sebastopol / A. Nielsen. – CA : O'Reilly Media, Inc, 2019. – 504 p.
2. Hyndman, R. J. Forecasting: Principles and Practice / R. J. Hyndman, G. Athanasopoulos. – Australia : OTexts, 2021. – URL : Available: <https://otexts.com/fpp3>.
3. Управление трафиком телекоммуникационных систем с использованием прогностических методов искусственного интеллекта / Д. В. Кутузов, А. В. Осовский, Д. В. Старов, К. В. Перова // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 1. – С. 1 – 11.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФ № 23-21-00196, <https://rscf.ru/project/23-21-00196/>

ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ КОНТРОЛЯ

А. Н. Н. Нури, А. Ю. Дмитриевцев, А. А. Мельников, А. Ю. Наумова

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: ayat_nzar@yahoo.com; dmitrievcev978@gmail.com;
melnikov.antoxa@yandex.ru; nastja.naumova@mail.ru)

Экспертные системы (ЭС) – одно из наиболее интересных и быстро прогрессирующих направлений в области искусственного интеллекта (ИИ). ЭС используют все методы программирования, которые применяются для задач ИИ:

- механизм автоматического рассуждения;
- поиск в пространстве состояний;
- использование эвристических функций.

ЭС отличаются от других программ ИИ своей целью и структурой. Отличительной особенностью ЭС является их способность накапливать знания и опыт наиболее квалифицированных специалистов-экспертов в узкой предметной области. Затем с помощью этих знаний пользователи ЭС, имеющие обычную квалификацию, могут решать свои задачи так же успешно, как эксперты (рис. 1).



Рис. 1. Основные свойства ЭС

Цель ЭС – решение задач, которые подходят человеку-эксперту.

Достоинством ЭС в своей работе является то, что она воспроизводит примерно ту же схему рассуждений, которую применяет человек-эксперт при анализе проблемы, ЭС ведет себя подобно человеку в узкой предметной области.

ЭС должна уметь:

- объяснять свои действия способом, понятным человеку;
- взаимодействовать с пользователем с целью получения информации;

- взаимодействие с пользователем должно происходить посредством гибкого диалога, подобного диалогу на естественном языке;
- работать с неточной и неполной информацией.

Важным пунктом в ЭС является возможность накапливать знания, сохранять их длительное время, обновлять и тем самым обеспечивать относительную независимость конкретной организации от наличия в ней квалифицированных специалистов. Накопление знаний позволяет повышать квалификацию сотрудников, используя наилучшие, проверенные решения.

На основании данной информации можно сделать вывод, что одной из перспективных областей использования ЭС является диагностика и обнаружение неполадок в телефонной сети на основании тестов и сообщений о неисправностях. Это позволит ускорить поиск и устранение неисправностей, без привлечения дополнительных ресурсов.

Библиографический список

1. Чернышов, В. Н. Системный анализ и моделирование при разработке экспертных систем : учебное пособие / В. Н. Чернышов, А. В. Чернышов. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012. – 128 с.
2. Дмитриевцев, А. Ю. Особенности контроля определяющих параметров информационно-измерительной системы / А. Ю. Дмитриевцев, Ю. Т. Зырянов / Цифровая трансформация в энергетике : материалы Третьей Всерос. науч. конф. – 2022. – С. 86 – 88.
3. Обианг, М. С. А. А. Мультиплексор dslam huawei ma5600, как объект технического диагностирования / М. С. А. А. Обианг, Э. Ш. Фразау, Ю. Т. Зырянов // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы VIII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – 2021. – С. 63–64.
4. Рязанов, И. Г. Техническое диагностирование информационно-измерительной и управляющей системы с применением нейросетевых технологий / И. Г. Рязанов, Ю. Т. Зырянов, А. Ю. Наумова // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2019. – № 5. – С. 37.
6. Литвак, Б. Г. Экспертные оценки и принятие решений / Б. Г. Литвак. – М. : Патент, 1996. – 271 с.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ КОНТРОЛЯ

А. Ю. Дмитриевцев, А. Н. Н. Нури, Ю. Т. Зырянов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: ayat_nzar@yahoo.com; dmitrievcev978@gmail.com; zut-tmb@mail.ru)

При проектировании экспертных систем (ЭС), правила, несущие проблемные знания, должны содержаться отдельно от механизмов или правил, воплощающих механизм вывода. Знания должны быть максимально независимыми от механизма вывода. Это облегчает повторное использование имеющегося проекта экспертной системы для создания новых систем. В этом случае реально создать новую экспертную систему путем частичной замены знаний. Механизмы вывода могут использоваться повторно. Экспертная система с удаленными проблемными знаниями называется оболочкой. Оболочки становятся наиболее популярными продуктами, которые вызывают коммерческий интерес на рынке программных продуктов искусственного интеллекта. Ядром оболочки является механизм вывода для определенного типа экспертных систем.

ЭС принято делить на три основных модуля (рис. 1):

- база знаний;
- машина логического вывода;
- интерфейс с пользователем.

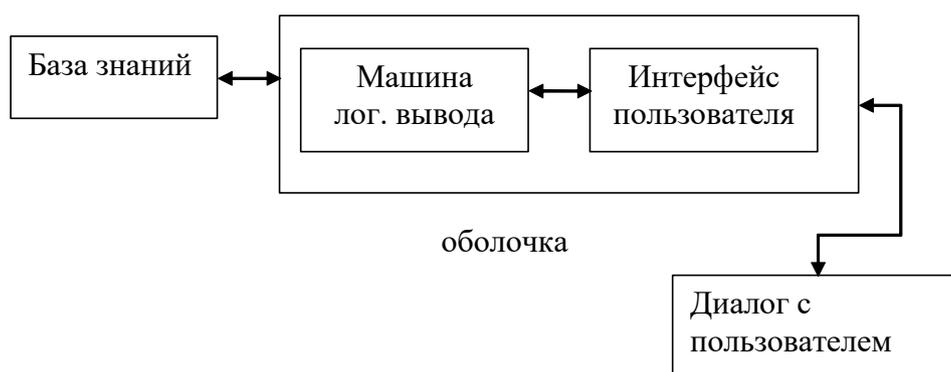


Рис. 1. Три основных модуля экспертной системы

База знаний содержит знания, относящиеся к конкретной прикладной области: факты, правила, эвристики, методы.

Машина логического вывода с помощью правил вывода, не зависящих от конкретной прикладной области, активно обрабатывает базу знаний с целью получения новой информации.

Интерфейс с пользователем обеспечивает двусторонний обмен информацией между пользователем и системой.

Существуют различные принципы организации баз знаний, и, соответственно, различные механизмы логического вывода. Наиболее простой и естественной для человека является архитектура, основанная на правилах.

Самое простое правило – «если-то»:

Если(A), то (B), где A – условие, B – следствие.

«Если-то» правила обладают следующими достоинствами при построении ЭС:

- отражают способ мышления человека;
- являются естественными модулями – удаление старых и добавление новых правил происходит относительно независимо;
- системе легко организовать отчет о своих действиях, выдав в определенном порядке правила, использовавшиеся в процессе вывода;
- правила легко дополнить вероятностной оценкой: если(A), то (B) с уверенностью (F);
- механизм логического вывода для системы, основанной на правилах, является встроенным механизмом языка.

Перечисленные достоинства данного способа позволяют создавать ЭС с подобным правилом для первичной диагностики различных инфокоммуникационных систем, что позволит обслуживающему персоналу уменьшить сроки устранения неисправностей, а так же позволит привлекать к работе менее опытный персонал.

Библиографический список

1. Чернышов, В. Н. Системный анализ и моделирование при разработке экспертных систем : учебное пособие / В. Н. Чернышов, А. В. Чернышов. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012. – 128 с.

2. Надежность технических изделий / И. Н. Животкевич, А. П. Смирнов, И. Н. Животкевич, А. П. Смирнов ; Техн. б-ка Ин-та испытаний и сертификации вооружения и воен. техники. – М. :Олита, 2003. – 473 с.

3. Рязанов, И. Г. Техническое диагностирование информационно-измерительной и управляющей системы с применением нейросетевых технологий / И. Г. Рязанов, Ю. Т. Зырянов, А. Ю. Наумова // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2019. – № 5. – С. 37.

ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

М. М. Кирюпин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: mik6339@yandex.ru)

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) давно стали одним из основных направлений развития мировых технологий. Они используются не только для создания летательных объектов, но и для эффективного противодействия им. БПЛА могут применяться не только для гражданских задач, таких как видеосъемка, но и для выполнения боевых задач или, что еще хуже, для выполнения террористических актов. Вследствие чего, необходимо изучать существующие эффективные методы их обнаружения и контроля. Рассмотрим существующие методы обнаружения БПЛА, применяемых в существующих комплексах по противодействию им.

Один из таких методов – оптический, основанный на использовании оптических систем и фокусировке на летающем объекте с помощью установленных на комплексе противодействия фокусирующих камер. Они визуально обнаруживают объекты на основе изображений с оптических устройств. Для повышения эффективности эти системы могут быть оборудованы алгоритмами компьютерного зрения для автоматического обнаружения и классификации летающих объектов.

Оптический метод имеет свои преимущества, такие как обеспечение визуального обнаружения дронов на основе их внешнего вида и характеристик. Этот метод является относительно недорогим и обладает высокой разрешающей способностью, что позволяет точно определять характеристики дронов [1]. Система остается работоспособной не только днем, но и ночью, при условии наличия достаточного освещения.

Однако, этот метод имеет и некоторые недостатки. Например, он может быть неэффективен в условиях плохой видимости, таких как туман или сильная мгла. Кроме того, оптические системы имеют ограниченную область обзора и могут реагировать на другие объекты, что может привести к ложным срабатываниям.

Вторым из эффективных методов обнаружения дронов является радиолокационный [2]. Он основан на использовании радиоволн для определения местоположения и движения дронов в реальном времени. Также отличительной чертой метода является высокая надежность, неизменная эффективность при воздействии дестабилизирующих факторах и дальность действия с неизменяемой точностью.

Из-за заявленных преимуществ приходится мириться с дороговизной реализации этого метода, трудностями с обнаружением объектов с малыми радиочастотными сигнатурами, а также возможностью вмешательства и перехвата данных.

Стоит отметить и такие методы обнаружения как активное частотное сканирование пространства, детектирование объектов с помощью акустической волны или тепловизионного наблюдения, которые имеют свои достоинства и недостатки, но эффективное раскрытие их характеристик возникает при конкретных условиях и требованиях.

Эффективность выбранного метода для обнаружения и противодействия БПЛА играет ключевую роль в вопросе обеспечения безопасности и рассмотренные технологии позволяют эффективно справиться с данной задачей вне зависимости от поставленных условий.

Библиографический список

1. Применение многослойных сверхточных нейронных сетей при идентификации объектов на радиологических изображениях комплекса обнаружения малых БАС / А. О. Смирнов, О. А. Белоусов, А. А. Тришаков, М. М. Кирюпин // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф., Тамбов, 24–25 октября 2023 года. – Вып. 9. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2023. – С. 199 – 202.

2. 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. – Т. 29, № 3. – С. 390 – 405.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ЦЕЛИ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ СКАНИРУЮЩЕЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ МОНОИМПУЛЬСНОГО РАДИОЛОКАТОРА В ДИАПАЗОНЕ W

Н. И. Магомедов, К. А. Полкунов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: islam.magomedov1975@gmail.com)

Системы управления сканирующими антеннами решетки моноимпульсного радиолокатора (МРЛ) играют ключевую роль в современных радарных технологиях. Работа моноимпульсного радиолокатора (МИРЛ) основана на измерении

времени задержки сигнала, отраженного от цели, и позволяет определять дальность до нее с высокой точностью. Сканирующая антенная решетка (САР) позволяет МИРЛу определять координаты цели с высокой точностью, но при этом требует сложной системы управления САР для обеспечения максимальной точности, а также определение точных координат цели в двухмерном или трехмерном пространстве требует дополнительных методов обработки сигналов.

Классические алгоритмы обработки сигналов основаны на математических моделях радиолокационных систем и свойствах принимаемых сигналов. Они включают в себя такие методы, как корреляционный анализ, фильтрацию, преобразование Фурье и др. Эти методы позволяют эффективно определять координаты цели, но требуют значительных вычислительных ресурсов и времени на обработку сигнала [5].

Нейронные сети могут быть использованы для улучшения точности определения координат цели путем оптимизации процесса управления САР. Они могут быть обучены на большом количестве данных, полученных от МИРЛа, и использовать эти данные для предсказания оптимальных параметров управления САР для каждого конкретного случая.

Исследуя использование конволюционных нейронных сетей (КНС) для улучшения точности определения координат цели в системе управления САР МИРЛа в диапазоне W , КНС способны эффективно обрабатывать многомерные данные, такие как радиолокационные сигналы [2].

Для обучения нейронной сети используется база данных, содержащая сигналы, полученные от сканирующих антенн решетки МРЛ в диапазоне W . Данные включают в себя параметры сигнала, такие как амплитуда, фаза и частота, а также параметры цели, такие как дальность, угол места и скорость. Базу данных разделяют на три части: обучающая, валидирующая и тестовая. Обучающую часть используют для обучения нейронной сети, валидирующую часть – для оптимизации гиперпараметров сети, а тестовую часть – для оценки точности определения координат цели. Если результаты всех трех частей будут удовлетворительными, мы сможем использовать эту модель для реального определения координат цели в системе радиолокационного контроля [4].

В целом, использование нейронных сетей для улучшения точности определения координат цели в системе управления сканирующей антенной решеткой моноимпульсного радиолокатора в диапазоне w может значительно улучшить точность определения координат цели путем оптимизации процесса управления САР, сократятся вычислительные ресурсы, а также время на обработку сигнала. Это открывает новые перспективы для развития радарных технологий и может быть использовано для создания более эффективных систем управления сканирующими антеннами решетки МРЛ.

Библиографический список

1. Применение многослойных сверхточных нейронных сетей при идентификации объектов на радиологических изображениях комплекса обнаружения малых БАС / А. О. Смирнов, О. А. Белоусов, А. А. Тришаков, М. М. Кирюпин // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2023. – Вып. 9. – С. 199 – 202.

2. 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. Автоматика. Информатика. Управление. Приборы. – 2023. – Т. 29, № 3. – С. 405.

3. Алгоритмическое обеспечение диаграммообразующего устройства фазированной антенной решетки на основе нейросетевой архитектуры / М. М. Кирюпин, О. А. Белоусов, В. И. Тетюхин // Ползуновский Альманах Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (Барнаул). – 2022. – С. 9 – 12.

4. Анализ функционирования систем автоматического обнаружения на основе анализа характера помех от беспилотных летательных аппаратов / М. М. Кирюпин, О. А. Белоусов, В. В. Носков, А. А. Мамедов // Радиоэлектроника. проблемы и перспективы развития : сб. тр. Восьмой Всерос. молодеж. науч. конф. – 2023. – С. 184–185.

КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

А. Н. Грибков¹, Н. Г. Буранова²

¹Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: GribkovAlexey@yandex.ru)

²Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет,
Уральск, Республика Казахстан
(e-mail: nurslu_1986@mail.ru)

Процессы цифровизации и интеллектуализации систем управления сложными объектами в теплоэнергетическом комплексе в настоящее время являются весьма актуальными. Разработка и практическое применение интеллектуальных систем управления (ИСУ) обеспечивает решение широкого спектра задач (мониторинг теплоэнергетических объектов (ТЭО); прогнозирование технического состояния и оптимизация режимов работы оборудования и т.д.).

Одним из начальных этапов проектирования системы управления является выбор ее структуры. Как правило, структура системы управления сложными объектами выбирается иерархической. Возможной формой представления структуры иерархической системы является даймонд-структура [1], ключевой особенностью которой является четкое разделение информационных и управляющих каналов на всех уровнях. На рисунке 1 представлена даймонд-структура ИСУ ТЭО, построенная на основе мультиагентного подхода.

Физическое пространство представлено пятью уровнями 1Ф-5Ф. Уровень 1Ф включает множество ТЭО. На уровне 2Ф расположены системы автоматического регулирования (САР), обеспечивающие непосредственное управление ТЭО. Уровень 3Ф содержит множество интеллектуальных агентов управления (АУ), обеспечивающих решение локальных задач оптимального управления ТЭО в соответствии с частными критериями. Четвертый уровень 4Ф – это уровень координации, на котором функционируют агенты-координаторы (К), обеспечивающие взаимодействие АУ и решение задач оптимального управления в соответствии с комплексными критериями. Уровень оперативного управления 5Ф включает ИСУ, обеспечивающую непосредственное взаимодействие с оператором.

Виртуальное пространство представлено пятью уровнями 1В-5В, которые включают модели компонентов физических уровней в виде цифровых двойников.

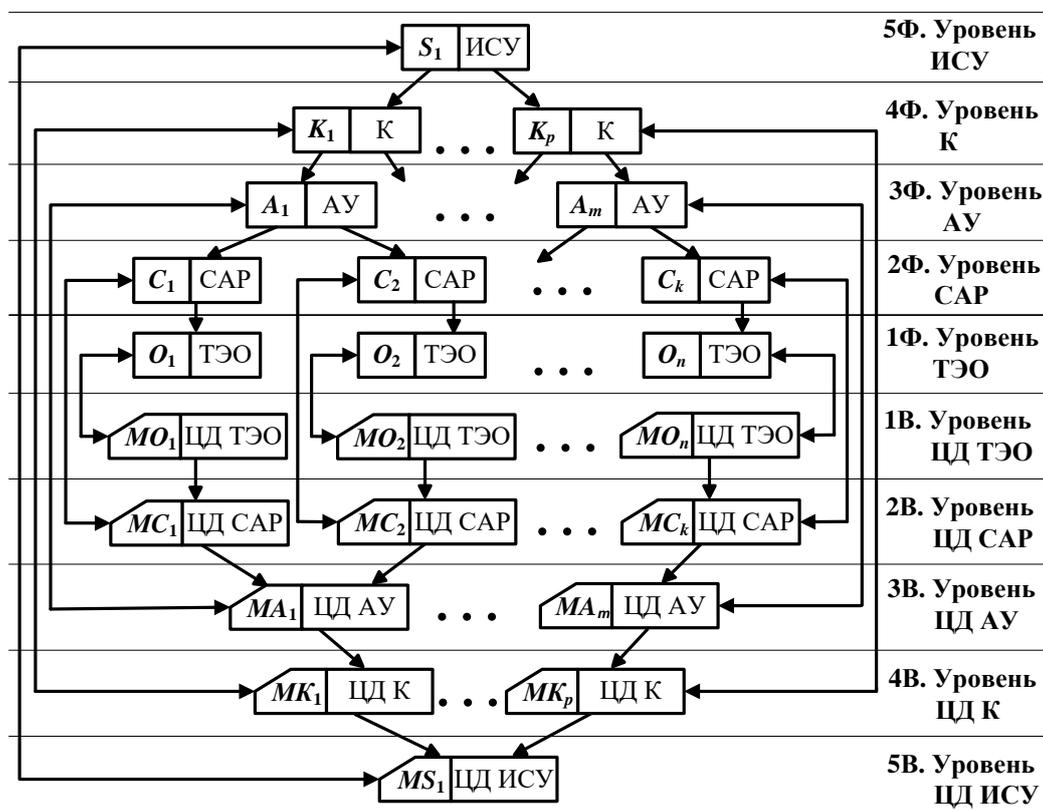


Рис. 1. Даймонд-структура ИСУ ТЭО

Рассмотренный подход к построению систем управления применялся при разработке мультиагентной информационной системы интеллектуального управления процессом сушки пастообразных материалов [2].

Библиографический список

1. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления : учебник / под ред. Н. Д. Егупова. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. – 744 с.

2. Грибков, А. Н. Даймонд-структура мультиагентной информационно-управляющей системы многомерным объектом / А. Н. Грибков, И. А. Куркин, Т. Ю. Дорохова // Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах : тез. докл. Междунар. конф. с элементами научной школы. – Тамбов : Изд-во ИП Чеснокова А. В., 2014. – С. 29–30.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

К. А. Полкунов, Н. И. Магомедов

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

В современном мире использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) становится все более распространенным в различных отраслях, включая промышленность и связь. Однако, несмотря на значительные преимущества, применение БПЛА ограничивается несовершенствами в системах идентификации объектов на изображениях. Рассмотрим проблемы и перспективы использования нейросетей для увеличения эффективности систем управления БПЛА.

Стандартные методы обработки изображений часто недостаточно точны при идентификации объектов, особенно в условиях изменяющегося освещения или неблагоприятных погодных условиях. Использование нейронных сетей, хотя и обладает высокой точностью, требует значительных вычислительных ресурсов, что ограничивает их применение в системах управления БПЛА, особенно на устройствах с ограниченными вычислительными возможностями.

Кроме того, для достижения высокой точности идентификации в различных условиях нейронные сети требуют обширного обучающего набора данных и постоянного обновления моделей.

Для решения проблемы необходимости постоянного обновления моделей нейронных сетей предлагается развитие методов обучения на основе таких данных, как изображения, полученные с камер и других датчиков, установленных на БПЛА, координаты и так далее. Этот подход включает в себя использование динамических обучающих наборов данных, которые позволяют системам управления БПЛА адаптироваться к изменяющимся условиям в реальном времени.

Создание алгоритмов обучения с подкреплением (reinforcement learning) является одним из основных направлений в развитии таких методов. Эти алгоритмы позволяют системе управления взаимодействовать с окружающей средой и осуществлять обучение на основе полученного опыта. Например, при выполнении мониторинга лесных массивов БПЛА может автоматически анализировать данные и на основе обнаруженных изменений обновлять свою модель для более точной идентификации объектов. Также, развитие методов онлайн-обучения позволяет системам управления БПЛА непрерывно улучшать свои навыки на основе поступающей информации. Это позволит системам быстро адаптироваться к новым условиям и повысить их эффективность в различных ситуациях.

Использование нейросетей в системах управления БПЛА – перспективное направление для развития и в будущем позволит БПЛА быстро адаптироваться к новым условиям с увеличением эффективности и надежности.

Библиографический список

1. Николенко, С. Глубокое обучение / С. Николенко, А. Кадурын, Е. Архангельская. – СПб. : Питер, 2022. – 480 с.
2. Гафаров, Ф. М. Искусственные нейронные сети и их приложения : учебное пособие / Ф. М. Гафаров. – Тамбов : Изд-во Казанского университета, 2018. – 121 с.
3. Елисеев, А. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы : учебное пособие / А. Елисеев, Ю. Минин, Ю. Кулаков. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2023. – 161 с.

СОЗДАНИЕ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ НОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

С. В. Брылина, Н. С. Мех

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия
(e-mail: brylina.sv@dvfu.ru; mekh.ns@dvfu.ru)

Взаимодействие электромагнитного поля с объектами городской среды, изменчивость поля и разнонаправленность антенн усугубляют проблему электромагнитного загрязнения. Для организации сотовой связи и установки базовых станций необходимо получение санитарного паспорта на ПРТО. В процессе исследования правил размещения базовых станций в городской среде были рассмотрены реальные примеры установки базовых станций города Владивосток.

Количество базовых станций (БС) за последние годы значительно возросло. Тема сотовой связи до сих пор вызывает споры среди населения. Одна часть населения утверждает, что сотовая связь приносит непоправимый вред здоровью человека, а вторая часть, наоборот, уверена в ее безопасности. Но факт влияния электромагнитного излучения на организм человека неоспорим.

Для обеспечения безопасной электромагнитной обстановки в городской среде необходим регулярный мониторинг. Для контроля необходимы сведения об источниках ЭМИ. Каждый объект связи должен иметь санитарный паспорт. Данный паспорт заверяют компетентные органы, такие как санитарно-эпидемиологическая служба и администрация радиотехнического объекта.

Помимо санитарного паспорта необходимы ситуационные карты, на которых указывается санитарно-защитные зоны и зоны ограничения застройки для различных объектов. Данные карты позволяют отслеживать уровни ЭМИ с учетом санитарных зон вблизи источника излучения, а также позволяют провести их сравнение с санитарными нормами.

При строительстве БС необходимо учитывать ландшафтные особенности города. Город Владивосток Приморского края характерен сложным рельефом, хаотичной застройкой и наличием участков распространения радиоволн над поверхностью воды. Город омывается водами Амурского и Уссурийского заливов, входящих в акваторию Японского моря. Город имеет несколько высоких точек города из них самая высокая точка исторической части города – сопка Орлиное Гнездо высотой 199 м над уровнем моря. Все эти особенности необходимо учитывать при построении сетей связи и обеспечения необходимого уровня покрытия территории. Кроме того, необходимо учитывать назначения зданий, а также строительные особенности.

В пяти точках города Владивостока были произведены измерения электромагнитного фона. Одной из точек для измерения показателей выбрали территорию кампуса ДВФУ, расположенного на острове Русский. В данной точке были зафиксированы превышения ПДУ, которые составили 2...4 мкВт/см². Превышения уровня электромагнитного поля вызваны тем, что из-за сложного рельефа территории кампуса университета жилые корпуса располагаются близко друг к другу, базовые станции часто оказываются размещенными напротив жилых комнат соседнего здания.

В заключение следует отметить, что защита от действия ЭМИ в настоящее время сохраняет актуальность. Из-за роста численности населения растет количество источников ЭМИ, возрастают их мощности. При проектировании новых базовых станций необходимо учитывать общий электромагнитный фон, который создают ранее установленные на этой территории антенны базовых станций. Электромагнитное поле используется в производстве и в быту, и его пока нельзя заменить на что-то другое, менее вредное, поэтому обеспечение безопасных электромагнитных условий жизни и деятельности человека является важным вопросом современного мира.

В связи с этим назрел вопрос о создании единой системы нормирования ЭМП сертифицированной организации на выдачу разрешений на строительство радиотехнического оборудования, учитывающего особенности рельефа городов, близости моря, недостаточного озеленения.

Библиографический список

1. Снижение негативного воздействия электромагнитного излучения в сетях 5G = Reducing the negative impact of electromagnetic radiation in 5G networks / Л. Г. Стаценко, М. М. Смирнова, С. В. Брылина, Н. Б. Цыренова // Вестник международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ). – 2023. – Т. 28, № 3. – С. 50 – 52.

2. Экологическая безопасность базовых станций и абонентских терминалов современных систем связи / Л. Г. Стаценко, М. М. Смирнова, С. В. Брылина, Н. Б. Цыренова // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2024. – № 1(91).

ДАТЧИКИ ПУТЕВЫХ МАШИН ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВОЗВЫШЕНИЙ РЕЛЬС

А. И. Незнанов¹, К. В. Подмастерьев¹, А. А. Воронков²

¹Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, Орел, Россия
(e-mail: orelkir18@gmail.com; asms-orel@mail.ru)

²АО «ВНИИЖТ», Москва, Россия
(e-mail: voronkov.andrey@vniizht.ru)

При выполнении ремонтно-восстановительных работ железнодорожного пути с помощью путевых машин необходимо измерять соответствие значений возвышений рельс проектным значениям. В настоящее время такие измерения выполняются с помощью инклинометров, которые устанавливаются на машине. Для достижения высокой чувствительности таких маятниковых приборов и уменьшения влияния вибрации на измеряемый угол маятниковые элементы таких инклинометров конструируются массивными и достаточно габаритными. Кроме того, требуется обеспечивать большой коэффициент демпфирования маятника, что ухудшает динамические характеристики таких датчиков, увеличивает время отклика. Также следует отметить невысокую надежность таких датчиков, обусловленную постепенным разрушением системы крепления массивного маятника под воздействием вибраций.

Возможным путем решения указанных проблем является переход к МЭМС-акселерометрам, которые обладают малой постоянной времени. Однако при этом возникает проблема, связанная с возникновением переносного ускорения:

$$\tilde{a} = h \cdot \gamma(t)'' , \quad (1)$$

где $\gamma(t)$ – временная функция изменения измеряемого угла возвышения, возникающая при движении путевой машины по участку пути, обладающему некоторыми параметрами возвышения; h – высота установки датчика относительно измерительной базы.

Для случая гармонических колебаний выражение для нормированной АЧХ акселерометра в области низких частот приобретает вид:

$$V = 1 + \frac{h \cdot \omega^2}{g} , \quad (2)$$

где g – ускорение, обусловленное гравитацией Земли; ω – частота колебаний.

Таким образом, точность измерения угла возвышения с помощью МЭМС акселерометра существенно зависит от частоты изменения измеряемой величины и высоты установки датчика.

Возможным путем решения указанной проблемы, а также понижения чувствительности датчика к вибрациям, является использование АНRS-датчиков, сочетающих в себе акселерометр и гироскоп, данные с которых обрабатываются встроенным микроконтроллером, который, в свою очередь, выдает результат измерений угла наклона объекта [1]. Примером такого датчика может быть датчик SINVT-TTL компании WitMotion. На рисунке 1 показаны теоретические и экспериментальные нормированные АЧХ для акселерометра ADXL203 и датчика WitMotion SINVT, установленных на экспериментальном стенде.

Анализ приведенных графиков показывает, что сигнал с датчика SINVT-TTL существенно меньше зависит от частоты колебаний площадки и высоты установки датчика по сравнению с акселерометром. Таким образом, его применение рассматривается перспективным для измерения возвышений на путевых машинах.

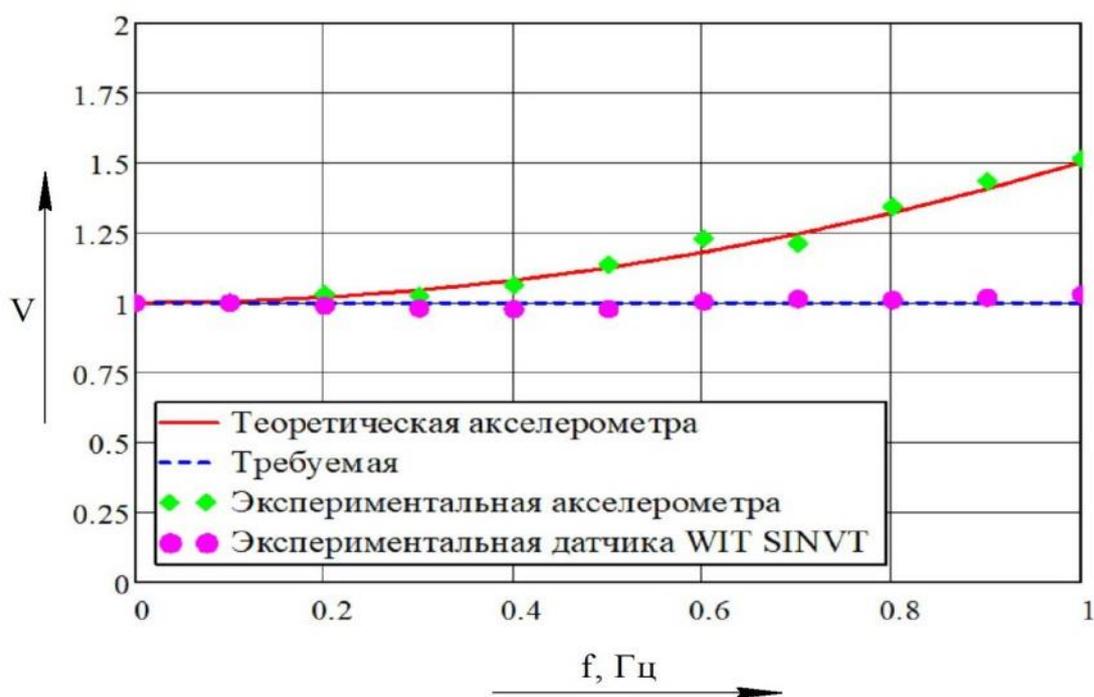


Рис. 1. Нормированные теоретические и экспериментальные АЧХ акселерометра и датчика WitMotion SINVT, установленных на экспериментальном стенде

Библиографический список

1. Грязин, Д. Г. Разработка электронного кренодифференциатора на микромеханических датчиках, свободного от действия переносных ускорений / Д. Г. Грязин, Т. В. Падерина // Гироскопия и навигация. – 2023. – Т. 31, № 2(121). – С. 51 – 64.

НЕДОСТАТКИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОДУЛЯ ПОСАДОЧНОГО РАДИОЛОКАТОРА, МЕРЫ ДЛЯ ИХ УСТРАНЕНИЯ

А. А. Коньшин, И. В. Тюрин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: neo.04@mail.ru; tyrinilja@yandex.ru)

Одной из важнейших составных частей радиолокационной системы посадки самолетов является посадочный радиолокатор, который используется на заключительном, наиболее ответственном этапе управления полетами и посадкой летательных аппаратов в зоне аэродрома. Поэтому внесению изменений и модернизации необходимо подвергнуть модуль посадочного радиолокатора.

Недостатки посадочного радиолокатора:

- большое количество антенн (всего – девять антенн);
- большие габаритные размеры контейнера и антенн при избыточном объеме контейнера модуля посадочного радиолокатора [1];
- смена направления посадки осуществляется при помощи разворота на нужное направление антенно-поворотного устройства, что обуславливает необходимость установки локатора строго под определенным углом (20°) [1];
- элементная база устарела;
- невысокая надежность.

Предложения по модернизации модуля посадочного радиолокатора:

- упрощение антенной системы путем перехода в каждом канале к единой суммарно-разностной антенне. Улучшение характеристик диаграммы направленности антенн в плоскости, ортогональной плоскости сканирования (использование диаграммы направленности типа cosec^2);
- исключение второго комплекта антенн в канале курса за счет использования контейнера с обеспечением его установки на произвольное направление;
- использование твердотельного передатчика с целью улучшения эксплуатационных характеристик посадочного радиолокатора и качества подавления пассивных помех;
- реализация поочередного обзора рабочей зоны курса и глиссады с целью сокращения объема аппаратуры формирования радиолокационных сигналов и приемного устройства [2];
- введение режима слежения с целью увеличения темпа обновления координатной информации для выбранных летательных аппаратов и улучшения точных характеристик;
- повышение степени унификации аппаратуры и программного обеспечения модулей радиолокационной системы посадки самолетов;

- значительная переработка конструкции модуля посадочного радиолокатора с целью уменьшения его времени развертывания и свертывания;
- изменение конструкции кузова контейнера с учетом вывода ошибок конструкции существующего посадочного радиолокатора (При наличии атмосферных осадков дождевая вода заливает аппаратуру внутри кузова-контейнера модуля посадочного радиолокатора в районе установки передатчиков, источников питания и шкафа обработки информации. Для обеспечения электро- и пожарной безопасности модуль посадочного радиолокатора во время атмосферных осадков не эксплуатируется, обслуживающим персоналом принимаются меры по выходу из строя аппаратуры (аппаратура накрывается пленкой).

В каждом из каналов модуля формируется однолучевая диаграмма направленности для излучения зондирующих сигналов и двухлучевое (два луча разнесены в плоскости измерения угла) моноимпульсное построение диаграммы направленности для приема эхосигналов от летательных аппаратов. Это обеспечивается тремя отдельными антеннами. Кроме этого, для обеспечения работы на второе направление посадки в канале курса модуля посадочного радиолокатора имеется второй комплект антенн. Таким образом, в составе посадочного радиолокатора имеются три комплекта антенн, каждый из которых состоит из одной передающей и двух приемных антенн (всего – девять антенн) [2].

Библиографический список

1. Радиолокационные комплексы и системы управления [Электронный ресурс]. – URL : https://aviatio.ru/2017/7/Nom_7_LEMZ.p. (дата обращения: 20.03.2024).
2. Международная организация гражданской авиации [Электронный ресурс]. – URL : <https://studfile.net/preview/6896312/> (дата обращения: 22.03.2024).

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ МОДУЛЯ ПОСАДОЧНОГО РАДИОЛОКАТОРА

А. А. Коньшин, И. В. Тюрин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: neo.04@mail.ru; tyrinilja@yandex.ru)

Главным отличием модуля посадочного радиолокатора, дорабатываемого по предложению улучшения от модуля посадочного радиолокатора, является существенно упрощенная антенная система. В каждом радиолокационном канале предлагается использовать вместо комплекта из трех антенн одной

приемно-передающей антенны с суммарно-разностной диаграммообразующей схемой, обеспечивающей:

- формирование одной узконаправленной суммарной диаграммы направленности на передачу;
- формирование двух диаграмм направленности на прием (суммарной и разностной), обеспечивающее реализацию амплитудного моноимпульсного суммарно-разностного метода измерения угловых координат летательного аппарата;
- формирование улучшенной (по сравнению с посадочным радиолокатором предыдущей версии) диаграммы направленности антенны курса в вертикальной плоскости типа cos^2 [1].

Также в модуле посадочного радиолокатора предлагается реализовать доворот аппаратного контейнера с закрепленными на нем антеннами курса и глиссады на произвольный угол в горизонтальной плоскости, что позволит:

- исключить второй комплект антенн курса (в итоге вместо девяти антенн в модуле посадочного радиолокатора имеются только две);
- исключить из волноводно-фидерного тракта канала глиссады высокочастотные вращающиеся переходы, сложные и трудоемкие в производстве, уменьшив при этом потери сигнала;
- исключить необходимость установки контейнера посадочного радиолокатора в строго определенном положении относительно продольной оси взлетно-посадочной полосы.

Существенное уменьшение массогабаритных характеристик аппаратного контейнера (в первую очередь, за счет сокращения количества антенн и уменьшения их габаритных размеров) позволит использовать идентичный с модулем диспетчерского радиолокатора прицеп [2].

Следующим принципиальным отличием модуля посадочного радиолокатора от существующего варианта является использование вместо электровакуумного усилителя мощности передатчика твердотельного, выполненного на базе унифицированных модулей с более высоким (по сравнению с лампами бегущей волны) ресурсом. Это позволит:

- значительно улучшить ремонтпригодность передатчика;
- исключить высоковольтные электрические цепи и, следовательно, повысить надежность передатчика, устойчивость к внешним воздействиям и безопасность его обслуживания;
- исключить аппаратуру, в том числе и вентиляторы, с электропитанием напряжением частотой 400 Гц, что позволит значительно уменьшить уровень шума в аппаратном контейнере.

– использовать кондиционер и электронагреватели как дополнительные средства при проведении технического обслуживания и ремонта изделия.

Доработка радиолокационной системы посадки самолетов предлагается в целях улучшения технических характеристик и повышения эксплуатационных характеристик радиолокационных систем посадки.

В результате конструкторской доработки посадочного радиолокатора обеспечиваются:

- модульное построение посадочного радиолокатора;
- высокий уровень унификации составных частей посадочного радиолокатора с радиолокационной системой посадки самолетов;
- использование транспортной базы одинаковой с модулем посадочного радиолокатора;
- комфортные условия работы персонала и требуемые условия для работы аппаратуры;
- удобство эксплуатации, технического обслуживания и ремонта.

Библиографический список

1. Мобильная радиолокационная система посадки самолетов [Электронный ресурс]. – URL : <https://bizorg.su/stantsii-radiolokatsionnye-r/p13592776-mobilnaya-radiolokatsionnaya-sistema-posadki-rsp28me>. (дата обращения: 15.01.2023).

2. Радиолокационная система посадки самолетов [Электронный ресурс]. – URL : <https://findpatent.ru/patent/277/2779160.html> (дата обращения: 10.01.2023).

ВЛИЯНИЕ ШУМОВ АНТРОПОГЕННОГО ХАРАКТЕРА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МИКРОРАЙОНОВ ГОРОДА ВЛАДИВОСТОК

М. К. Четверикова

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия
(e-mail: chetverikova.mk@students.dvfu.ru)

В докладе исследуются проблемы шумового загрязнения строящегося комплекса высотных домов в микрорайоне Голубиная Падь во Владивостоке. Несмотря на то, что в условиях сложного рельефа местности, абсолютно индивидуального среди всех российских городов, достаточно сложно учитывать все переотражения и другие факторы при расчетах, необходимых для обеспечения

соблюдения предписанных норм по предельно допустимому шуму. Наиболее актуальная шумовая карта, созданная в 2018 [1], демонстрирует неблагоприятную ситуацию в данном микрорайоне – средний уровень шума расположен в диапазоне 68,8...73,3 дБ (рис. 1).

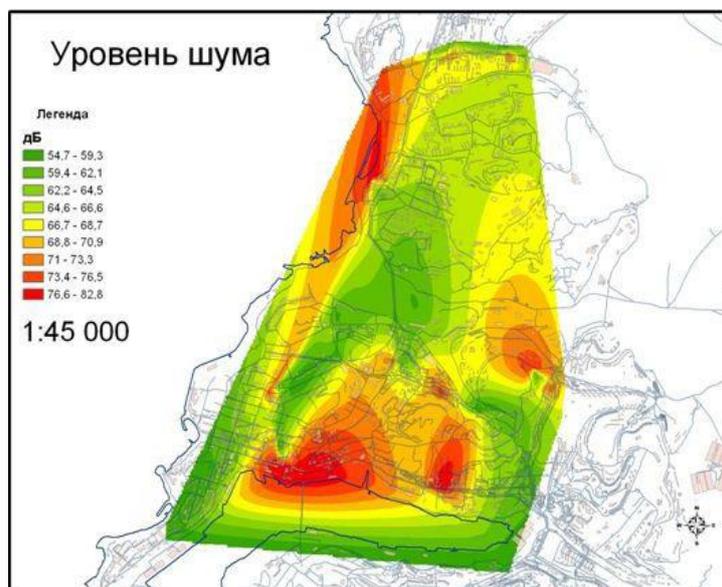


Рис. 1. Уровень шума на территории Первореченского района города Владивосток

В настоящее время считается, что для сна и отдыха допустим шум до 30...35 дБ. Шум выше 80 дБ вреден для организма человека, а при его уровне выше 90 дБ возможна частичная потеря слуха. Болевой порог находится в диапазоне 120...130 дБ. В административных помещениях и учреждениях интенсивность шума достигает 40...60 дБ, а работа оборудования в производственных помещениях сопровождается шумом до 70...80 дБ. С точки зрения нормативной документации, под шумом понимают любые звуки, которые превышают максимально допустимый уровень. В дневное время он равен 55 дБ, а в ночное – 45 дБ с допустимой поправкой на 10 дБ.

Согласно исследованиям, наиболее распространенными жалобами населения являются жалобы на шум от транспортных средств, стройки, промышленных предприятий и бытовой техники. В частности, по результатам исследований и опросов был сделан вывод, что наиболее значимым источником шума в городских районах является именно шум дорожного движения, поскольку сфера его применения гораздо шире, а физические параметры, характеризующие воздействие шума на организм человека, несравнимо выше. Вопреки распространенному мнению, привыкания к шуму не существует. Вегетативная нервная система человека негативно реагирует на любой шум. Врачи установили, что физиологическая и биохимическая адаптация человека к шуму невозможна.

Наиболее благоприятным решением было бы использование данной территории для озеленения городской среды, поскольку в сложившейся ситуации требуется комплексный подход для управления городским шумом, сочетающего инженерные решения, административные меры и активное участие общественности, а также постоянный мониторинг шумового загрязнения при помощи современных методов. Среди инженерных и технических решений можно выделить следующие: применение звукоизоляционных материалов в строительстве, предусмотрение наличия большого количества зеленых зон, применение шумозащитных экранов и барьеров, оптимизирование дорожного движения. Данные решения должны интересовать застройщика, так как увеличение шумового загрязнения приводит к снижению цен на недвижимость. Данные меры позволяют не только улучшить качество жизни, но и повысить привлекательность города для жителей и туристов, что положительно сказывается на экономическом развитии, а также защитить биоразнообразие в городских условиях.

Таким образом, меры по борьбе с шумовым загрязнением выгодны всем участникам городской экосистемы и способствуют созданию более здоровых, устойчивых и жизнеспособных городских сред.

Библиографический список

1. Гигиеническая оценка шумового загрязнения города Владивостока / И. Л. Иванова, Д. С. Жигаев, Л. В. Кислицына и др. // Здоровье. Медицинская экология. Наука. – 2019. – № 2(78).

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ MEMS БАРОМЕТРОВ МАЛЫХ ВОЗДУШНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ СУДОВ

Д. Д. Блаженков, Д. А. Шинин, Н. М. Смирнова

Слушатели старшего инженерного класса «Малые беспилотные
авиационные и робототехнические комплексы» СОШ № 12

(e-mail: rts.inform@ya.ru)

Полетные контроллеры беспилотных авиационных судов не могут функционировать без системы бортовых сенсоров, использующихся для стабилизации и управления полетом. Одним из таких сенсоров является датчик давления – интегральный программируемый цифровой барометр, с помощью которого воздушное судно удерживает заданную высоту. Бортовые барометры построены по технологии MEMS – микроэлектромеханические системы [1].

Для изучения, программирования и исследования интегральных барометров слушателями старшего инженерного авиационного класса СОШ № 12 имени П. Ф. Дерунова г. Рыбинска разрабатывается прототип учебного микропроцессорного стенда, реализованного в рамках общего проекта профильной технологической лаборатории. Основными компонентами стенда являются модули Ардуино GY-68, содержащие сенсоры BMP180 и BMP280, а также более точные и современные модули с сенсорами BMP390 BMP388 [1, 2]. Модули устанавливаются на рабочем столе, допускающем свободное перемещение по вертикали и горизонтали, соответствующее тангажу, крену и рысканью реального воздушного судна с целью исследования влияния вибраций и ускорений, имеющих на воздушном судне. Для придания большей степени достоверности интегральные модули монтируются на копии корпуса одного из вариантов квадрокоптеров, используемых в инженерном классе. Монтаж осуществляется на верхней площадке корпуса, при этом печатная плата с барометрами остается открытой. В свою очередь, корпус дрона с датчиками устанавливается на жестко-упругой пластиковой пластине, нижняя рабочая поверхность которой входит в периодическое соприкосновение с отключаемым эксцентриком. Это необходимо для имитации собственных вибраций винтомоторной группы в режиме холостого хода, а также с целью виброизоляции полетного контроллера с установленным на нем датчиком давления. На корпусе дрона допускается парная установка сразу 8 модулей с 4-мя типами сенсоров. Каждая пара представляет собой 2 однотипных сенсора, при этом один остается открытым, а второй защищен от прямого атмосферного воздействия, температуры, влажности и освещения с помощью образцов из пористого материала, например, из вспененного полиуретана. В расширенном варианте исполнения стенда исследуемые модули помещаются в термоизолированный герметичный бокс, в котором размещается установка реверсируемой охлаждающей системы на основе элемента Пельте. Смена полярности питания термоэлектрического модуля позволяет изменить знак формируемого температурного поля. Термоизолированный герметичный бокс, выполненный из прозрачного прочного полимера, позволяет изменять давление внутри рабочего объема камеры путем нагнетания или отсасывания воздуха с помощью малогабаритного компрессора. Температуру и влажность нагнетаемого воздуха можно изменять предварительным нагреванием/охлаждением с помощью аналогичного термоэлектрического процессора и впрыска водяной дисперсии. Измерение показателей сенсоров осуществляется с помощью вычислительного модуля Ардуино и дополнительных датчиков (модулей) температуры, влажности, давления, вибрации [2].

С целью создания условий по дальнейшему функциональному расширению учебного стенда, вычислительный модуль дополнен многофункциональным HMI дисплеем, позволяющим реализовать собственный графический интерфейс ввода/вывода на основе емкостной сенсорной клавиатуры и внешнего графического редактора [3]. Графические образы интерфейса хранятся во внутренней флеш-памяти. В ней же сохраняются звуки, музыкальные и голосовые фрагменты, используемые встроенным синтезатором звука, превращающий стенд в интерактивный обучающий комплекс.

Библиографический список

1. Яценко, В. С. Обязательные компоненты квадрокоптера. Твой первый квадрокоптер: теория и практика [Электронный ресурс] / В. С. Яценко. – 2024. – URL : <https://tech.wikireading.ru/hsOSp48Mfr?ysclid=lt7qj6dy2y264220333>
2. Обзор модулей и датчиков Ардуино с примерами программ [Электронный ресурс]. – 2024. – URL : <https://arduino-site.ru/moduli-arduino/>
3. Цветной TFT-дисплей 128×160 / 1,8” [Электронный ресурс]. – 2024. – URL : <https://amperka.ru/product/itead-display-1n8in?amp&#description>

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПИД-РЕГУЛЯТОРОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ МАЛЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

И. В. Бакин, С. А. Бесов, М. М. Беляева

Слушатели старшего инженерного класса «Малые беспилотные авиационные и робототехнические комплексы» СОШ № 12
(e-mail: rts.inform@ya.ru)

В школьную программу необходимо ввести новые предметы, связанные со сферой конструирования беспилотных летательных аппаратов, – соответствующее обращение направлено главе Министерства просвещения РФ Сергею Кравцову [1]. Однако недостаточно оснастить школьные лаборатории и кванториумы беспилотными летальными аппаратами: необходимо укомплектовать рабочие места специализированными стендами для более глубокого изучения, исследования и программирования отдельных компонентов БПЛА. Такие стенды должны быть модульными, программируемыми, предусматривать функциональное совершенствование и гибкое дополнение базовой концепции (комплектации). К сожалению, таких стендов отечественная промышленность не выпускает.

В проектной деятельности старшего инженерного класса СОШ № 12 имени П. Ф. Дерунова г. Рыбинска, обучающегося по дополнительной образовательной программе «Малые беспилотные авиационные и робототехнические комплексы», предусмотрена разработка и практическая реализация прототипов модульных мобильных лабораторных стендов, отвечающих указанной выше тематике. Концепция образовательных авиационных стендов основана на выполнении следующих требований, предъявляемым ко всем реализуемым на данном этапе проектам:

1) возможность детального изучения одного или нескольких компонентов бортового радиоэлектронного оборудования малого беспилотного воздушного судна и(или) наземного робототехнического комплекса с последующим использованием полученных знаний в практической деятельности, связанной с конструированием, самостоятельной сборкой, настройкой и программированием;

2) визуализация параметров изучаемого оборудования в реальном масштабе времени;

3) возможность оперативного перемещения стендов с поддержкой или совместной работы с компьютером или планшетом;

4) единый конструктивный форм-фактор, позволяющий максимально эффективно использовать имеющиеся ресурсы, проводить модернизацию стендов и тиражировать оборудование;

5) реализация функции автосопровождения пользователя при проведении интерактивного урока с аудио- и видеосопровождением на встроенном multifunctional мониторе.

Одним из таких проектов является стенд для изучения и настройки ПИД регуляторов, использующихся в цепях управления винтомоторной группы авиационных роботов. Без корректной настройки ПИД-регуляторов ни взлет, ни полет, ни посадка не могут быть осуществлены ни в автоматическом, ни в ручном, ни в программном режимах пилотирования. Основным компонентом стенда является интегральный модуль GY-521, построенный на основе микроэлектромеханического сенсора MPU 6050 [2]. Модуль содержит программируемые 3-осевой гироскоп, 3-осевой акселерометр и термометр. Назначение последнего позволяет отслеживать влияние температуры окружающей среды на работу сенсоров и стабильность их показаний, так как в процессе полета дрон может пролетать через зоны, отличающиеся между собой по температуре окружающей среды.

Модуль устанавливается в копию конкретного квадрокоптера. Благодаря такому решению сохраняется полная преемственность реального оборудования и отрабатываются отклики на управляющие команды и реальные воздействия

окружающей среды и технологические разбросы винтомоторной группы. Установка сенсора допускает его перемещение и поворот по осям X и Y по отношению к оптимальному положению, соответствующему центру тяжести МБВС. Такое решение позволяет исследовать влияние размещения сенсора на борту летательного аппарата. Для изучения и настройки ПИД-регуляторов немаловажное значение имеет измерение тока, протекающего через обмотки электродвигателей. Сочетание нескольких параметров управления позволяет осуществить более точную настройку винтомоторной группы и более глубоко изучить процессы, связанные с управлением мультикоптера.

Библиографический список

1. Заманова, Р. В российских школах предлагают ввести предмет по конструированию беспилотников / Р. Заманова // Интернет-издание Газета.ру. [Электронный ресурс]. – 2024. – URL : <https://www.gazeta.ru/social/news/2023/09/25/21357175.shtml>. 25,
2. Обзор модулей и датчиков Ардуино с примерами программ [Электронный ресурс]. – 2024. – URL : <https://arduino-site.ru/moduli-arduino/>

ИНТЕРАКТИВНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВИНТОМОТОРНЫХ ГРУПП МАЛЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

К. С. Орлов, П. А. Кулешова, А. В. Печаткин

Слушатели старшего инженерного класса «Малые беспилотные авиационные и робототехнические комплексы» СОШ № 12
(e-mail: rts.inform@ya.ru)

Современные STEM-платформы (Исследования, Технологии, Инженерия, Математика) объединяют естественные науки и инженерные предметы в единую систему знаний для решения реальных технологических задач [1]. СОШ № 12 имени П. Ф. Дерунова продолжает развитие инженерных классов с авиационной тематикой, реализуя программу «Малые беспилотные авиационные и робототехнические комплексы» для 10-х классов с перспективой начала поэтапного обучения с младших классов начальной школы. Благодаря расширенным возможностям используемых и доступных малых безвоздушных судов (МБВС) у слушателей формируется увлекательный и познавательный опыт, легко интегрирующийся в существующие учебные программы высшего образования.

Для работы младших и старших инженерных классов образовательную ценность представляют обучающие программируемые мультикоптеры. Они позволяют слушателям изучать робототехнику, кодирование, программирование и аэродинамику. Такие дроны – идеальные инструменты для интеграции как в планы уроков по технологии, математике, физике, информатике, так и в учебные программы дополнительного образования, предназначенные для улучшения навыков, программирования и формирования критического мышления.

Однако просто полеты и соревнования не могут охватывать задачи STEM образования, а для инженерных классов основным направлением является реализация работоспособных прикладных проектов. Для успешного решения этих задач недостаточно просто оснастить школьные лаборатории беспилотными летальными аппаратами. Параллельно с приобретением дронов, обучением пилотированию и программированию необходимо создавать специализированные стенды для более глубокого изучения компонентов беспилотных воздушных судов с целью подготовки слушателей к будущему технологий и инноваций. В настоящее время подобных стендов ни отечественная, ни зарубежная промышленность не выпускают, и эту нишу в самое ближайшее время можно заполнить результатами проектной деятельности инженерных классов при сотрудничестве с профильными ВУЗами и базовыми предприятиями. Одним из таких реализуемых проектов является лабораторный стенд для исследования эффективности винтомоторной группы и влияния элементов защиты малых беспилотных воздушных судов по создаваемому воздушному давлению. Стенд представляет собой жесткое основание с закрепленной универсальной платформой, которая способна перемещаться и фиксироваться в вертикальной и горизонтальной плоскостях. На платформе устанавливается один из вариантов исследуемых объектов:

- 1) реальный мультикоптер со стандартным винтомоторным оборудованием;
- 2) полнофункциональный макет мультикоптера, каждая гондола которого, в зависимости от оцениваемых вариантов, оборудована одинаковыми силовыми установками и разными типами пропеллеров, либо разными силовыми установками и одинаковыми типами пропеллеров, либо их комбинациями;
- 3) одиночная сменная гондола с установленным комплектом «двигатель/пропеллер».

Стенд содержит дополнительное оборудование, в частности, сенсоры для измерения собственных вибраций винтомоторной группы и датчики измерения протекающего через моторы электрического тока, с целью дополнения

собираемой информации. Проектируемый стенд позволит не только исследовать работу стандартных винтомоторных групп, установленных на реальном мультикоптере, оценить влияние лучей, гондол и используемых элементов защиты, но и стать эффективным помощником при выборе оптимального двигателя и пропеллера при разработке новых конструкций защиты во время проектирования собственного дрона [2]. Лабораторный стенд имеет значительный потенциал для развития, связанный, в том числе, и с использованием нейронных сетей для обработки получаемой в ходе эксперимента информации и формирования учебных баз знаний.

Библиографический список

1. Что такое STEM образование, и почему компании ценят таких специалистов / РБК*Тренды [Электронный ресурс]. 2024. – URL : <https://trends.rbc.ru/trends/education/5f6399a69a79471ec02bfe4f>
2. Пропеллеры для квадрокоптера: виды, использование и как выбрать / Все о квадрокоптерах / PROFPV.RU [Электронный ресурс]. 2024. – URL : <https://profpv.ru/propellery-dlya-kvadrokoptera>

МОДУЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ MEMS ГИРОСКОПОВ, АКСЕЛЕРОМЕТРОВ И МАГНИТНЫХ КОМПАСОВ МАЛЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

М. А. Леонидова, В. Е. Паршин, М. М. Беляева

Слушатели старшего инженерного класса «Малые беспилотные авиационные и робототехнические комплексы» СОШ № 12
(e-mail: rts.inform@ya.ru)

Для проектирования и программирования беспилотных воздушных судов необходимы твердые знания в области функционирования таких компонентов, как интегральные программируемые гироскопы, акселерометры и магнитные компасы, выполненные по технологии микроэлектромеханических сенсоров (MEMS) [1]. Эти сенсоры устанавливаются не только на авиационную, но и на наземную робототехнику, поэтому их изучение и программирование являются залогом успешной комплексной разработки и доведения проекта до логического завершения.

Для изучения и исследования принципов функционирования, возможностей и ограничений таких интегральных бортовых сенсоров слушателями

старшего инженерного класса СОШ № 12 имени П. Ф. Дерунова г. Рыбинска, обучающимися по программе дополнительного образования «Малые беспилотные авиационные и робототехнические комплексы», в рамках профильной проектной деятельности предусмотрена разработка и практическая реализация прототипа модульного интерактивного мобильного стенда.

Основным компонентом стенда является совмещенный модуль Ардуино GY-9250, в состав которого входят: 3-х осевой гироскоп, 3-осевой акселерометр и 3-осевой магнитный компас. Сенсоры образуют интегральную 9-осевую инерциальную систему измерения (IMU) [1, 2]. Мультифункциональный модуль на стенде устанавливается в модели квадрокоптера, стилизованного под реально имеющиеся в школьном авиапарке дроны класса Xiaomi Mitu, Tello и Геоскан Пионер Мини. Такой подход усиливает восприятие изучаемых компонентов и «привязывает» их к тем дронам, на которых осуществляются реальные пилотируемые и программно-управляемые полеты, предшествующие работе на учебных стендах. Сенсорный модуль монтируется на верхней площадке модели дрона, который, в свою очередь, устанавливается на поворотном столе с 3-мя степенями свободы (тангаж, крен, рысканье), допускающем как фиксированное, так и свободное положение. Фиксированное положение используется для проведения и отработки процедуры калибровки. Свободное положение используется для изучения принципов функционирования, проведения исследования и программирования гироскопа, акселерометра и магнитного компаса по отдельности или совместно.

Поступающая с сенсоров информация отображается в цифровом (численном) и(или) графическом виде на многофункциональном HMI дисплее, имеющем емкостную клавиатуру и установленном во внешнем модуле управления [3]. Имеется возможность проводного и беспроводного подключения модуля к внешнему компьютеру, ноутбуку или планшету с целью дополнительной обработки и сохранения данных. Кроме того, сам модуль управления способен сохранять информацию и сценарии работы во внутренней флеш-памяти, в которой также хранятся графические образы интерфейса, звуки, музыкальные и голосовые фрагменты. Благодаря наличию звукового синтезатора, проектируемый стенд обладает возможностями поддержки интерактивного образования, выполняя функцию гида для начинающего или неопытного пользователя. Для усиления эффекта «погружения» в изучаемый предмет и формирование понимания в приложении математики и физики процесса стабилизации мультикоптера в пространстве, при повороте/наклоне платформы на макете начинают работать пропеллеры в соответствии с направлением и уровнем поворота/наклона. Это позволяет в дальнейшем при переходе на другой интерактивный

стенд быстрее и проще освоить методику и технологию настройки ПИД регуляторов. Для исследования вопросов влияния окружающей среды (температуры, влажности, освещенности) на основании стенда могут устанавливаться дополнительные компоненты, имитирующие и регистрирующие внешние воздействия.

Библиографический список

1. Яценко, В. С. Обязательные компоненты квадрокоптера / Твой первый квадрокоптер: теория и практика [Электронный ресурс] / В. С. Яценко. – 2024. – URL : <https://tech.wikireading.ru/hsOSp48Mfr?ysclid=lt7qj6dy2y264220333>
2. Обзор модулей и датчиков Ардуино с примерами программ [Электронный ресурс]. – 2024. – URL : <https://arduino-site.ru/moduli-arduino/>
3. Сенсорные HMI дисплеи DWIN [Электронный ресурс]. – 2024. – URL : <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-displei/sensornye-hmi-displei-dwin/>

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ РАССТОЯНИЙ

М. Г. Аштаев, А. М. Маслов

Слушатели старшего инженерного класса «Малые беспилотные авиационные и робототехнические комплексы» СОШ № 12
(e-mail: rts.inform@ya.ru)

Трансформация промышленности России заставила по-новому посмотреть на техническое образование и перенести спектр внимания на общеобразовательные школы с целью создания специализированных инженерных классов и реализации концепции проектирования беспилотных авиационных систем в режиме соревнований [1, 2]. В СОШ № 12 имени П. Ф. Дерунова г. Рыбинска созданы и успешно функционируют старшие и младшие авиационные инженерные классы, реализующие дополнительную образовательную программу «Малые беспилотные авиационные и робототехнические комплексы». Развернут полетный центр, осуществляется подготовка к общешкольным, региональным и федеральным соревнованиям.

В настоящее время подготовка трасс для образовательной деятельности и проведения соревнований осуществляется с применением простейших измерительных инструментов, в частности, измерительной рулетки. Трассы отличаются между собой и по сложности (по количеству различных препятствий), и размещению препятствий (высоте установки или подвеса), и по виду

прохождения (одиночные, групповые параллельные). Кроме того, при программировании дронов для прохождения трассы в автоматическом режиме, соревнующие команды должны оперативно провести корректные измерения и ввести полученные результаты в разрабатываемые полетные программы. И здесь время и точность играют одну из ключевых ролей для успешного выполнения полетного задания и победы.

Слушателями старшего инженерного класса реализуется проект по созданию многофункционального ультразвукового микропроцессорного измерителя расстояний от 2 см до 4 м включительно по 3-м направлениям (длина, ширина, высота) с углом раскрыва не более 15° [3]. Погрешность измерения не превышает 0,3 см. Конструктивно ультразвуковой измеритель выполнен в виде двух самостоятельных (активной и пассивной конструкций). В состав обеих входят 2-метровые штанги из армированного стекловолокном ПВХ круглого профиля диаметром 26 мм. Армирование необходимо для сохранения прочности конструкции и предотвращения изгиба профиля в процессе эксплуатации и хранения. По направляющим скользят быстрофиксируемые эксцентриковые зажимы, на которых крепятся поворотные пластиковые платформы.

В пассивной конструкции измерителя на поворотной платформе устанавливается прямоугольный отражатель из зачерненного вспененного листового ПВХ пластика. В активной конструкции измерителя на поворотную платформу монтируется электронный блок. Прототип электронного измерителя выполнен на чипе Atmega328 и объединяет функции ультразвуковой передачи/приема, цифровой обработки сигналов, индикации результатов измерения, передачи измерений по каналу WiFi на внешний персональный компьютер для последующей обработки и построения интерактивной карты. Для удобства измерения и наведения на объект измеритель снабжен лазерным целеуказателем в форме яркого рубинного креста, позволяющего наглядно и оперативно выровнять измеритель по горизонтали и вертикали для повышения точности измерений и(или) для учета особенностей размещения препятствия.

Ультразвуковой измеритель может также использоваться в режиме изучения процессов противодействия дронам, использующим ультразвуковой способ измерения высоты полета, например, для принудительной посадки и(или) перевода в неуправляемый автопилотом режим.

Библиографический список

1. В российских школах появятся инженерные классы судо- и авиационных профилей / Сайт Министерства просвещения Российской Федерации. [Электронный ресурс]. – 2022. – URL : <https://edu.gov.ru/press/5128/v-rossiyskih-shkolah-poyavyatsya-inzhenernye-klassy-sudo-i-aviastroitelnyh-profiley/>

2. В двух школах Рыбинска откроют инженерные классы авиапрофиля / Интернет-издание «Рыбинский дневник» [Электронный ресурс]. – 2022. – URL : <https://www.rybinsknote.ru/2022/08/08/v-dvux-shkolax-rybinska-otkroyut-inzhenernye-klassy-aviaprofilya/>

3. Ультразвуковые датчики с аналоговым и дискретным выходами / КИП-Сервис: Датчики и измерительная техника Microsonic [Электронный ресурс]. 2024. – URL : https://kipservis.ru/microsonic/obshie_svedenia.htm

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

М. Р. Гусев, А. А. Глушко

ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия

(e-mail: MichaelG@mail.ru)

Освоение новых технологических процессов и создание новых производств, согласно стратегии развития электронной промышленности РФ до 2030 года, постулирует развитие программных средств и методов, связанных с проектированием изделий микроэлектроники [1]. На сегодняшний день наблюдается повышенный интерес к использованию искусственных нейронных сетей для выполнения задач моделирования. Нейросетевые методы оказываются особенно полезными, когда сложно установить математические зависимости между моделируемыми явлениями, но можно получить данные для обучения нейронных сетей через экспериментальные исследования.

В последнее десятилетие наблюдается возобновление исследований в области нейронных сетей при проведении схемотехнических расчетов в SPICE-подобных программах моделирования, что отчетливо проявляется в увеличении количества проводимых исследований на эту тему [2 – 4]. Повышенный интерес к таким методам можно объяснить усложнением транзисторных структур в современных интегральных схемах, значительным уменьшением их топологических размеров по сравнению с концом XX века и применением технологий, для которых известные физические модели не дают точного описания или вовсе отсутствуют, например, для транзисторов с гетеропереходом.

Искусственные нейронные сети могут определить связь между величинами измеренных характеристик изготовленного прибора. Набор измерений

характеристик прибора может быть использован в качестве исходных данных для обучения нейронной сети. При успешном обучении нейронную сеть в дальнейшем можно применять в качестве поведенческой модели в симуляторе электрических схем. Примером такой модели может являться нейронная сеть, принимающая в качестве входных данных напряжения на контактах транзистора, и выдающая соответствующее этим величинам значение тока стока, как показано на рис. 1.

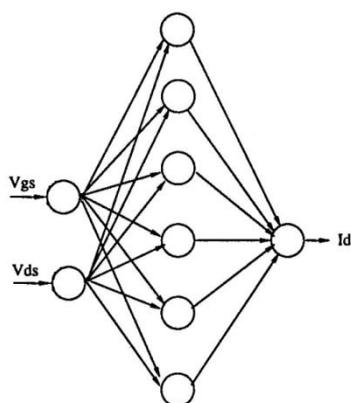


Рис. 1. Пример структуры нейронной сети для моделирования тока стока транзистора

Поскольку применение таких моделей в схемотехническом симуляторе не подразумевает численное решение дифференциальных уравнений, их вычислительная эффективность больше, чем у физических SPICE-моделей. Также возможно обучение и использование нейросетевых алгоритмов для моделирования поведения базовых логических схем, таких как логические вентили, вместо моделирования отдельных компонентов.

Другие направления использования нейронных сетей при моделировании элементной базы микроэлектроники – экстракция параметров статистических компактных моделей и прогнозирование вариабельности технологического процесса [5].

Библиографический список

1. О Стратегии развития электронной промышленности РФ на период до 2030 г. и плане мероприятий по ее реализации : распоряжение Правительства РФ от 17 января 2020 г. № 20-р [Электронный ресурс] // Официальный сайт правительства Российской Федерации : [сайт]. – URL : <http://government.ru/docs/38795> (дата посещения 20.04.2024).
2. Zhang, L. Artificial Neural Network Design for Compact Modeling of Generic Transistors / L. Zhang, M. Chan // *Journal of Computational Electronics*. – 2017. – No. 16. – P. 825 – 832.
3. Artificial Neural Network-Based Compact Modeling Methodology for Advanced Transistors / J. Wang, Y.-H. Kim, J. Ryu et al. // *IEEE Transactions on Electron Devices*. – March 2021. – V. 68, No. 3. – P. 1318 – 1325.
4. Machine-Learning-Based Compact Modeling for Sub-3-nm-Node Emerging Transistors / S. Woo, H. Jeong, J. Choi et al. // *Electronics*. – 2022. – No. 11. – 2761.

5. Viraraghavan, J. Statistical Compact Model Extraction: A Neural Network Approach / J. Viraraghavan, S. J. Pandharpure, J. Watts // IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems. – 2012. – V. 31, No. 12. – P. 1920 – 1924.

ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ЗОН ПОКРЫТИЯ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И АППАРАТНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СЕТЕЙ LTE

К. С. Сайфуллозода

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

В последнее время технологии связи непрерывно развиваются, и одной из ключевых задач современных операторов мобильной связи является обеспечение максимального покрытия и качества связи для своих клиентов. В этой статье мы рассмотрим технологии и оборудование для расчета зон покрытия сетей Long Term Evolution (LTE), а также роль специального программного обеспечения и аппаратных решений в их оптимизации [1].

Для расчета зон покрытия используется специальное программное обеспечение, которое позволяет моделировать распространение радиоволн в зависимости от различных факторов, таких как высота антенн, тип окружающей среды, уровень помех и т.д. Одним из наиболее популярных программных пакетов для расчета зон покрытия является Atoll, разработанный французской компанией Siradel. Atoll позволяет моделировать распространение радиоволн в различных средах, учитывая особенности рельефа местности, и вычислять параметры покрытия, такие как уровень сигнала, скорость передачи данных и пропускную способность канала.

Кроме того, для оптимизации сетей LTE используются специальные аппаратные решения, такие как активные антенные системы (AAS). AAS представляют собой комплексы активных антенн, которые могут динамически управлять направлением и мощностью сигнала, чтобы обеспечить максимальное покрытие и качество связи в заданной области. Активные антенные системы могут быть размещены на базовых станциях или на отдельных антенных опорах, что позволяет значительно увеличить эффективность использования частотного диапазона и уменьшить уровень интерференции между соседними

базовыми станциями [2]. Одним из лидеров в производстве активных антенных систем является шведская компания Ericsson. Кроме того, современные программные пакеты могут учитывать параметры конкретного оборудования, используемого в сети LTE, такие как высоту антенн, их направленность и мощность. Это позволяет получить более точный прогноз зон покрытия и улучшить эффективность развертывания сети. Аппаратные решения для измерения уровня сигнала и качества связи включают в себя портативные приборы, которые могут быть использованы для проверки покрытия в различных точках сети. Эти приборы оснащены GPS-модулем, что позволяет автоматизировать процесс сбора данных и упростить анализ результатов.

Использование специального программного обеспечения и аппаратных решений для расчета зон покрытия и оптимизации сетей LTE позволяет операторам мобильной связи обеспечить максимальное покрытие и качество связи для своих клиентов. Для моделирования распространения радиоволн в различных средах необходимо учитывать особенности рельефа местности и вычислять параметры покрытия, такие как уровень сигнала, скорость передачи данных и пропускную способность канала.

В целом, правильное определение зон покрытия базовых станций является критически важным шагом в процессе планирования и оптимизации сетей LTE. Точные карты покрытия позволяют операторам телекоммуникационных компаний максимизировать использование спектра, минимизировать интерференцию и обеспечить лучшее качество обслуживания для конечных пользователей. Расчет уровня сигнала в сетях LTE является важной задачей для операторов мобильной связи, которая позволяет обеспечить максимальную эффективность использования спектра и удовлетворить растущий спрос на мобильные услуги. Выбор метода расчета зон покрытия для решений оптимизации сетей LTE зависит от конкретных требований проекта. Модель пропускания радиоволн, симуляционное моделирование, измерение уровня сигнала и машинное обучение – все эти методы могут быть использованы для оптимизации сетей LTE и обеспечения максимальной производительности и качества услуг.

Библиографический список

1. Тихвинский, О. Сети мобильной связи LTE: технологии и архитектура / О. Тихвинский, С. В. Терентьев, А. Б. Юрчук. – М. : Эко-Трендз, 2010. – 284 с.
2. Гельгор, А. Л. Технология LTE мобильной передачи данных : учебное пособие / А. Л. Гельгор, Е. А. Попов. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 204 с.

УПРАВЛЕНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМ УСТРОЙСТВОМ С ПОМОЩЬЮ АСИНХРОННОГО НЕЙРОКОМПЬЮТЕРНОГО ИНТЕРФЕЙСА

Д. В. Журавлёв, А. А. Резниченко

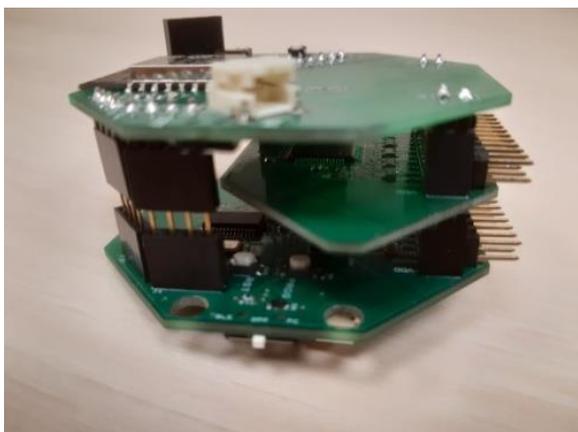
Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия
(e-mail: ddom1@yandex.ru; andrei.reznichenko2017@yandex.ru)

Нейрокомпьютерные интерфейсы (НКИ) – это высокотехнологичные изобретения, предназначенные для обмена информацией между головным мозгом человека и компьютером. Нейрокомпьютерные интерфейсы распознают электрическую активность головного мозга, а затем передают ее в цифровом виде на персональный компьютер [1].

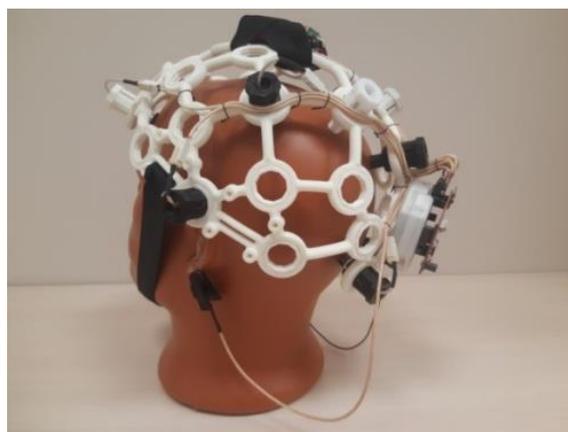
Нейрокомпьютерные интерфейсы делятся на синхронные и асинхронные. Для работы синхронных нейроинтерфейсов требуется заранее записывать данные электроэнцефалограммы (ЭЭГ). Асинхронный нейроинтерфейс имеет более сложную структуру, однако, в отличие от синхронного, – данный тип НКИ не требует заранее записывать данные ЭЭГ. Важнейшей особенностью такого типа НКИ является его способность работать в режиме реального времени. Именно поэтому данный тип нейроинтерфейсов весьма предпочтителен для управления робототехническими устройствами.

Алгоритм работы с асинхронным НКИ следующий: сначала происходит регистрация сигналов ЭЭГ оператора робота, затем данные ЭЭГ, с помощью интерфейса программирования приложений (API), передаются на ПК, где они записываются в нейронную сеть. Для более точной классификации данных ЭЭГ нейронной сетью проводят обучение нейросети. Оператор определяется с командой, выбирает ее и затем она с помощью API передается роботу для исполнения. Асинхронный нейроинтерфейс состоит из: платы сбора данных ЭЭГ, нейрогарнитуры, ПК. Плата сбора данных (рис. 1, а) осуществляет регистрацию сигналов ЭЭГ пользователя. Она крепится на нейрогарнитуру (рис. 1, б). Нейрогарнитура оборудована штырьковыми электродами, которые располагаются на голове пользователя. Записанные данные ЭЭГ передаются по Wi-Fi каналу на ПК, где затем формируются команды для управления роботом.

Для управления роботом создаются и применяются специальные виртуальные пульта управления. Такие пульта создаются в графических редакторах, а затем сохраняются в gif-формате на ПК [2]. На рисунке 2 представлен скриншот пульта управления роботом с помощью асинхронного нейроинтерфейса.



а)



б)

Рис. 1. Плата сбора данных ЭЭГ и нейрогарнитура



Рис. 2. Пульт управления роботом

В представленном на рис. 2 пульте управления роботом можно увидеть, что в активном состоянии находятся две команды: движение вперед на средней скорости, а также малый поворот направо.

Библиографический список

1. Журавлев, Д. В. Аппаратура для электроэнцефалографических исследований: монография / Д. В. Журавлев ; ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет». – Воронеж : Изд-во ВГТУ, 2021. – 259 с.
2. Toward Brain-Computer Interfacing / G. Dornhege, J. del R. Millan, T. Hinterberger et al. // A Bradford book. The MIT Press. – 2007. – 520 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ДВУХСЛОЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ

О. Н. Попов, А. С. Кутуков

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: Alexanderkutukov.00@yandex.ru)

Для проведения имитационного исследования работоспособности измерительной системы (ИС) и метода было выбрано численное моделирование температурных полей методом конечных элементов с помощью пакета программ ELCUT [1].

Выбранный программный пакет представляет собой интегрированную диалоговую систему, предназначенную для моделирования методом конечных элементов двумерных электромагнитных, тепловых и других полей. Метод конечных элементов является одним из наиболее широко используемых численных методов для решения уравнений математической физики в частных производных. Программный пакет ELCUT имеет хорошо развитый и простой в освоении интерфейс. С помощью редактора ELCUT возможно достаточно быстро описать задачу, ее геометрию, свойства сред, источники поля, граничные и другие условия, решить ее с высокой точностью.

Для создания и расчета задачи построения температурных полей в исследуемом двухслойном теле (металлическое основание из сплава алюминия АМг с покрытием из термостойкой эмали) использована следующая последовательность действий.

Создана задача. Тип задачи – теплопередача нестационарная; класс модели – плоская; расчет – обычный. Выбрана единица длины и система координат: единицы длины – миллиметры; система координат – декартовая. Заданы временные параметры решения модели: интегрирование по времени – до 300 с; шаг интегрирования 1 с; вывод в файл решения – каждую 1 с. Выстроена геометрия задачи. Используются следующие размеры. Размеры подложки зонда: высота – 20 мм, радиус – 25 мм. Размеры объекта: толщина покрытия – 0,23 мм, толщина основания – 1,5 мм. Нагреватель радиусом – 4 мм, высотой – 2 мм.

Исходя из выстроенных блоков модели, присвоена каждому блоку своя метка: покрытие, нагреватель, подложка зонда, металл. Заданы теплофизические свойства каждой метки блока (табл. 1). Заданы граничные условия, параметры граничных условий на каждой метке ребра: Внешние поверхности, Внутренние поверхности, Идеальный контакт, Нагреватель, Ось симметрии.

1. Теплофизические параметры меток блоков

Метка блока	Теплопроводность, Вт/(К·м)	Теплоемкость, Дж/(кг·К)	Плотность, кг/м ³
Покрытие – эмаль	0,14	1930	1400
Нагреватель – медь	400	385	8890
Подложка – рипор	0,028	1270	50
Металл – сплав алюминия	237	900	2700

Построена сетка конечных элементов. После вычислений в главном окне выведено поле распределения температур для момента времени 300 с. На рисунке 1 представлено температурное поле.

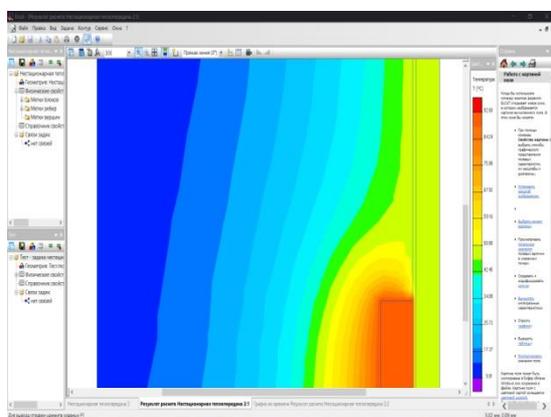


Рис. 1. Температурное поле

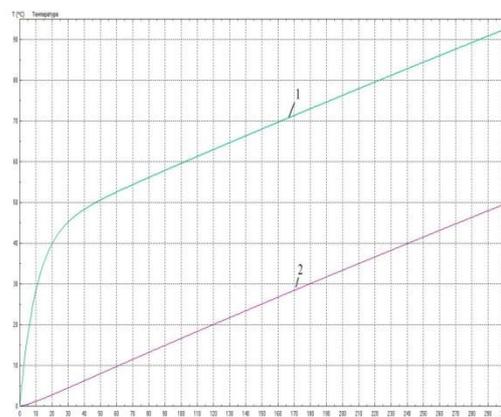


Рис. 2. Термограммы

Выведены термограммы для точек, расположенных на оси нагревателя в полимерном покрытии вблизи нагревателя 1 и вблизи границы покрытия со сплавом алюминия 2 (рис. 2). Полученные данные позволяют сделать выводы о необходимом времени нагрева для достижения требуемых значений температуры в точках контроля, распределении температуры по элементам конструкции и другим параметрам режима функционирования ИС.

Библиографический список

1. ELCUT. Моделирование электромагнитных, тепловых и упругих полей методом конечных элементов. Версия 6.6. Руководство пользователя. – СПб. : НПКК «ТОР», 2017. – 296 с.

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ДВУХСЛОЙНЫХ ОБЪЕКТОВ

О. Н. Попов, А. С. Кутуков

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: Alexanderkutukov.00@yandex.ru)

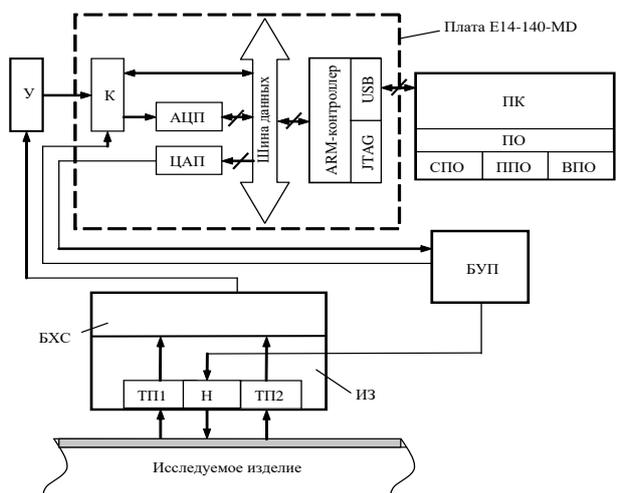
При разработке двухслойных полимерно-металлических объектов в теплоэнергетике одним из важных условий является правильное решение вопросов защиты конструкционных элементов от коррозии, а также декоративного оформления изделий с учетом последних требований промышленной эстетики. Так, при выборе материала защитного покрытия, например, радиаторов отопления, учитывают его способность сопротивляться реальным воздействиям без нарушения сплошности свойств и размеров.

Структурная схема и общий вид измерительной системы (ИС), реализующей методы неразрушающего определения теплофизических свойств материала, толщины низкотеплопроводных покрытий, нарушений сплошности слоя покрытия на металлических изделиях представлены на рис. 1, а, б.

ИС состоит из персонального компьютера (ПК); измерительно-управляющей платы; усилителя сигналов (У); измерительного зонда (ИЗ), создающего тепловое воздействие на объект исследования при помощи нагревателя (Н); контроллера (К); аналого-цифрового преобразователя (АЦП); цифро-аналогового преобразователя (ЦАП); блока управления преобразователя (БУП) [1].

ИЗ с круглым плоским нагревателем в виде диска состоит из ячейки и корпуса. Ячейка состоит из основания и разъема. На поверхности теплоизолятора с контактной стороны ячейки размещены термопары, сваренные встык. Коммутация сенсора с платой (E14-140-MD) происходит за счет разъема. Между ячейкой и крышкой корпуса расположена пружина. При протекании тока через нагреватель в течение определенного временного интервала происходит нагрев исследуемого объекта. Полученные на зажимах термопар разностные ЭДС поступают в усилитель, а уже усиленные сигналы – на вход платы. Результаты экспериментальных исследований обрабатывались с помощью пакета программы *Microsoft Excel*.

Неразрушающему контролю подвергались двухслойные полимерно-металлические объекты, состоящие из металлических оснований из сплава алюминия АМг, а в качестве полимерного покрытия использовалась акриловая термостойкая эмаль [2, 3].



а)



б)

Рис. 1. Структурная схема (а) и общий вид (б) ИС

Примеры реализации методов контроля теплопроводности и толщины покрытий, нарушений сплошности слоя покрытия представлены в работе [4].

Библиографический список

1. Жуков, Н. П. Многомодельные методы и средства неразрушающего контроля теплофизических свойств твердых материалов и изделий : монография / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова. – М. : Машиностроение – 1, 2004. – 288 с.
2. Метод и измерительная система неразрушающего теплофизического контроля / Н. Ф. Майникова, Д. Г. Бородавнин, И. В. Рогов, А. Н. Грибков. – Тамбов : ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2019. – 84 с.
3. Многомодельные методы в микропроцессорных системах неразрушающего контроля теплофизических характеристик материалов / С. В. Мищенко, Ю. Л. Муромцев, Н. П. Жуков и др. – Тамбов : ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 112 с.
4. Метод неразрушающего определения толщины защитных покрытий / Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2017. – Т. 2, № 1. – С. 6 – 11.

ПРОБЛЕМАТИКА РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ ЛИТОГРАФИИ

А. Д. Захарова, Ф. С. Рыжов, Е. А. Лосев, В. П. Жалнин

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

(e-mail: anastasia.zaharova.mail@gmail.com)

Последние десятилетия развитие полупроводниковых технологий следовало «закону Мура», который был сформулирован в 1965 году: «количество транзисторов, размещаемых на кристалле интегральной схемы, удваивается каждые 24 месяца» [1]. Прямое следствие из закона Мура – уменьшение критических размеров полупроводниковых структур. В этом контексте литография выступает важнейшим этапом в процессе производства микроэлектроники, обеспечивая формирование топологического рисунка микросхем. Несмотря на широкое распространение традиционных методов литографии, существуют и альтернативные подходы, которые могут предложить новые решения для дальнейшего уменьшения размеров и повышения эффективности полупроводниковых устройств. Ниже приведена классификация методов литографии.



Рис. 1. Классификации методов литографии

Распространенные методы, такие как EUV-фотолитография, испытывают трудности при попытках продолжить уменьшение проектных размеров. Корневая проблема заключается в сложности поддержания равновесия между физическими ограничениями и экономической эффективностью производства. Это приводит к возникновению противоречий, где стремление к миниатюриза-

ции сталкивается с ограничениями, накладываемыми текущими технологиями (рис. 2).

К альтернативным, наиболее перспективным методам литографии, можно отнести наноимпринт-литографию (Nanoimprint lithography – NIL), интерференционную литографию, электронно-лучевую литографию (Electron-beam lithography – EBL) (их, наверное, нужно будет вставить в заключительную часть). Отличительной особенностью этих методов является отсутствие фотошаблона для формирования резистивной маски на поверхности подложки микросхемы [2].



Рис. 2. Карта противоречий

Оптическая литография сохранит нынешние темпы миниатюризации устройств еще в течение нескольких лет, но вскоре этот метод литографии не сможет достигать требуемых размеров элементов. Альтернативные методы литографии, находящиеся в стадии разработки, способны преодолеть эти ограничения, но пока что явного преемника оптической литографии не появилось. Особенно можно выделить наноимпринт-литографию: установки для массового производства по конкурентным технологическим нормам (например, Canon FPA-1200NZ2C) уже доступны на рынке. Таким образом, преемником оптической литографии в ближайшем будущем может стать именно наноимпринт-литография. Отдельные результаты получены в рамках Государственного задания по проекту FSFN-2024-0027.

Библиографический список

1. Методы литографии в наноинженерии : учебное пособие для вузов // В. В. Макаручк, И. А. Родионов, Ю. Б. Цветков. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. – 175 с. – С. 171.
2. Advances in Nanoimprint Lithography / Matthew C. Traub, Whitney Longsine, Van N. Truskett // Annual Review of Chemical and Biomolecular Engineering: Annual Reviews. – 2016. – V. 7, article's doi 10.1146.
3. Nanofabrication by Electron Beam Lithography and its Applications: A Review / Yifang Chen // Microelectronic Engineering. – 5 March 2015. – V. 135, article's doi 10.1016.

ВИЗУАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ ГИБРИДНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ

А. И. Власов, Г. А. Волков

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана,
Москва, Россия
(e-mail: vlasov@iu4.ru)

Под визуальной моделью предметной области будем понимать формализованное представление в виде визуального каллиграфа, пригодного для цифровой обработки и обладающее гибкостью, полнотой, структурой и непротиворечивостью [1].

В качестве объекта анализа с помощью визуальных моделей рассмотрим комплекс предиктивного управления сложной, гибридной энергосистемой [2]. Визуальная модель позволяет представить в виде совокупности визуальных метафор различного уровня детализации, объединенных единой компонентной методологией, реализованной с учетом требований системности, истинности, сложности и многовариантности комплексное представление исследуемой предметной области.

Начальным этапом системного проекта является разработка концептуально-абстрактной модели. Данная модель иллюстрирует исследуемый процесс в общем, представляет состав понятий (семантическую модель) предметной области и связей между ними. Для дальнейшей детализации предметной области проводится структурно-функциональная декомпозиция в IDEF0 (рис. 1).



Рис. 1. Диаграмма дерева узлов «Системы управления энергосистемами различного назначения на базе возобновляемых источников энергии»

На первом уровне декомпозиции строится контекстная диаграмма, которая иллюстрирует взаимодействие системы с внешней средой. Итог моделирования представляет собой иерархическую диаграмму дерева узлов. Диаграмма дерева узлов показывает иерархическую структуру «Системы управления энергосистемами различного назначения на базе возобновляемых источников энергии». Она помогает понять, как различные функции системы связаны друг с другом, и облегчает определение основных работ и их отношений.

В настоящее время поиск решения проблем системного анализа и проектирования сложных систем в энергетике концентрируется вокруг использования методов визуального проектирования и моделирования для описания информационных систем генерации, обработки и хранения данных, включая их предиктивный анализ и прогноз их динамики [4].

В работе предложена методика системной инженерии сложных систем посредством построения визуальных моделей на всех этапах жизненного цикла, при котором характер построения моделей является итеративным. Данная методика отражает перспективную концепцию визуального системного проектирования, включая реализацию онтологической связи диаграмм разного уровня экспертизы, редактирования диаграмм, трансформации моделей, генерации документации и программного кода.

Отдельные результаты получены в рамках проекта «ПРИОР/СН/НУ/22/СП2/5».

Библиографический список

1. Vlasov, A. I. Visual Methodology for the Multi-Factor Assessment of Industrial Digital Transformation Components / A. I. Vlasov, V. A. Shakhnov // Lecture Notes in Information Systems and Organisation. – 2021. – P. 57 – 65.
2. Prospects and Challenges of the Machine Learning and Data-Driven Methods for the Predictive Analysis of Power Systems: a Review / W. Strielkowski, K. Muraviev, K. Selivanov et all. // Energies. – 2023. – V. 16, No. 10. N. 4025.
3. Berdyugina, O. N. Technological Platform for Innovative Social Infrastructure Development on Basis of Smart Machines and Principles of Internet of Things / O. N. Berdyugina, A. I. Krivoshein, A. I. Vlasov // Proceedings – 2018 Global Smart Industry Conference, GloSIC 2018. – 2018. No. 8570062.
4. Predictive Control Algorithm for a Variable Load Hybrid Power System on the Basis of Power Output Forecast / B. V. Artemiev, K. V. Selivanov, K. S. Mironov et all. // International Journal of Energy Economics and Policy. – 2022. – V. 12, No. 3. – P. 1 – 7.

АНАЛИЗ ВРЕМЕННОЙ И ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СЛОЖНОСТИ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ

Э. Р. Бардик, А. И. Власов, П. Д. Киселев

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана,
Москва, Россия
(e-mail: vlasov@iu4.ru)

Согласно теории алгоритмов [1], для рассмотрения временной и пространственной сложности принято использовать нотацию O -большое. Она отражает асимптотическую сложность алгоритма или требуемую для его работы память и позволяет оценить, как при возрастании количества принятых данных изменяется время обработки этих данных и затраты по памяти. Для некоторых алгоритмов также имеет смысл рассматривать асимптотическую временную сложность для трех случаев: худшего, среднего и наилучшего. Эти три показателя описывают максимальное и минимальное время работы алгоритма, а также усредненный показатель. В качестве примера оценим сложность программного комплекса предиктивного мониторинга распределенных сенсорных сетей [1].

Данный комплекс как элемент «Интернета вещей» (IoT) [3] включает модуль «Подключение к серверу и авторизация». Данный модуль получает от оператора комплекса данные для авторизации (логин и пароль учетной записи, адрес управляющего сервера (IPv4), а также порт сервера). В рамках модуля выполняются проверки логина и пароля на корректность введенных символов, проверка IP-адреса на соответствие формату IPv4, порт сервера проверяется на вхождение в диапазон 1-65536. Каждая из данных проверок получает строку, введенную в соответствующее поле интерфейса комплекса.

Оценки асимптотической сложности каждого из процессов для трех случаев представлены в табл. 1. Число n – длина введенной строки в соответствующее поле формы для авторизации.

1. Асимптотические сложности работы «Проверка данных для авторизации на корректность»

Имя работы	Худший случай	Средний случай	Лучший случай	Пространственная сложность
Проверка логина	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$
Проверка пароля	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$
Проверка IP-адреса сервера	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$
Проверка порта сервера	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$

Как видно из таблицы, данные работы обладают линейной асимптотической сложностью, которая напрямую зависит от длины введенной строки, т.е. имеют результирующую временную и пространственную сложность $O(n)$.

Время работы «Подключение к серверу и авторизация» также зависит от объема полученных данных (табл. 2). Чем больше символов содержится в JSON-документе, тем дольше длится запись в сетевой сокет и отправка сообщения. Асимптотическая временная сложность во всех трех случаях – $O(n)$, n – длина отправляемого сообщения. Пространственная сложность – $O(n)$, где n – длина строки с отправляемым JSON-документом.

Можно сделать вывод, что большинство работ имеют линейную сложность $O(n)$, что является хорошим показателем. Добиться лучших результатов не представляется возможным, так как требуется обработать все полученные от оператора строки полностью. Отдельные результаты получены в рамках проекта «ПРИОР/СН/НУ/22/СП2/5».

2. Асимптотические сложности работ работы «Подключение к серверу и авторизация»

Имя работы	Худший случай	Средний случай	Лучший случай	Пространственная сложность
Проверка данных для авторизации на корректность	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$
Отправка запроса серверу Системы на открытие соединения	$O(1)$	$O(1)$	$O(1)$	$O(1)$
Формирование сообщения серверу	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$
Отправка данных для авторизации серверу Системы	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$	$O(n)$
Чтение ответа от сервера Системы	$O(1)$	$O(1)$	$O(1)$	$O(1)$

Библиографический список

1. Карпов, Ю. Г. Сложность алгоритмов и программ / Ю. Г. Карпов, П. В. Трифионов // Компьютерные инструменты в образовании. – 2007. – № 6. – С. 3 – 10.

2. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2022665632. Комплекс предиктивного мониторинга распределенных сенсорных сетей / К. В. Селиванов, А. И. Власов, В. С. Климачев ; 18.08.2022 ; заявка № 2022663882 от 22.07.2022.

3. Berdyugina, O. N. Technological Platform for Innovative Social Infrastructure Development on Basis of Smart Machines and Principles of Internet of Things / O. N. Berdyugina, A. I. Krivoshein, A. I. Vlasov // Proceedings – 2018 Global Smart Industry Conference, GloSIC 2018. – 2018. – No. 8570062.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТОКОЛОВ ИНФОРМАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СЛОЖНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ

Э. Р. Бардик, П. Д. Киселев, К. В. Селиванов

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана,
Москва, Россия
(e-mail: vlasov@iu4.ru)

Для обеспечения коммуникации между компонентами сложных гибридных энергосистем необходима унификация формата отправляемых сообщений и протокола их передачи. Большинство современных гибридных энергосистем с возобновляемыми источниками энергии [1, 2] строятся по принципу «менеджер-агент» [3]. Для передачи сообщений между сервером (менеджером) и автономным контроллером (агентом) используется методика байтовой сериализации пересылаемых сообщений. Это позволяет добиться минимизации объема пересылаемых сообщений и позволяет обрабатывать их встроенными средствами языка программирования без использования сторонних библиотек. Кроме того, это обеспечивает более быструю обработку сообщений, по сравнению с остальными методиками инкапсуляции данных, так как не передаются лишние служебные объемы данных, а лишь только полезная нагрузка.

Для передачи сообщений в качестве формата сообщений целесообразно использовать формат JSON (Java Script Object Notation). Данный формат используется для сериализации сложных структур данных, пересылаемых между сервером и контроллером. Обобщенная схема обработки JSON-сообщений представлена на рис. 1.

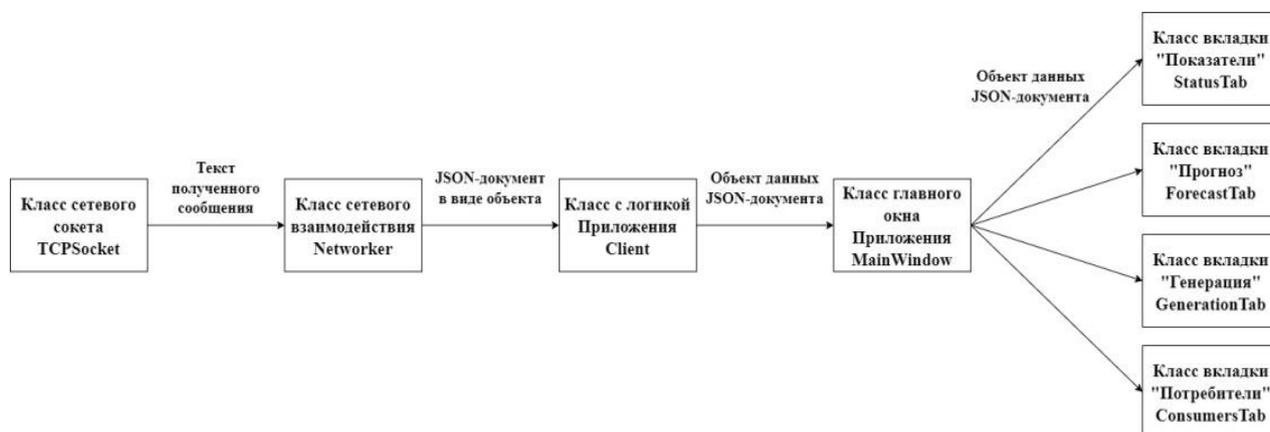


Рис. 1. Диаграмма дерева узлов «Системы управления энергосистемами различного назначения на базе возобновляемых источников энергии»

Данные поступают в систему через модуль сетевого взаимодействия, а именно объект класса сетевого сокета TCP Socket в виде набора байт. Данный объект декодирует полученную информацию и предоставляет текст получаемого сообщения, который передается объекту класса сетевого взаимодействия Networker. Он проверяет текст на соответствие формату JSON и преобразует его в объект класса JSONDocument.

Далее объект документа передается в Модуль общего управления – объект класса Client. Здесь определяется тип сообщения, происходят необходимые обработки и определяется дальнейший класс-получатель. Из JSON-документа извлекается объект данных и передается в Интерфейсный модуль – объект класса главного интерфейса MainWindow.

В случаях, когда содержание объекта данных может быть любым, предполагается, что при наличии каких-либо полей в объекте данных их форматирование соответствует синтаксису JSON. В запросе авторизации указываются логин и пароль оператора, указанные пользователем в полях формы стартового экрана авторизации. Данные от контроллера приходят для всех полей в единой посылке. Для групп потребителей номером реле служит номер группы. Для дизельного генератора, например, номер реле – 4. В поле status при включении группы записывается значение 1, а при выключении – значение 0. У объекта данных есть поля, соответствующие каждому из элементов системы. Такой подход обеспечивает формирование в единой посылке значений для всех функциональных модулей системы в целом: «Прогноз», «Генерация» и «Потребление».

Отдельные результаты получены в рамках проекта «ПРИОР/СН/НУ/22/СП2/5».

Библиографический список

1. Prospects and Challenges of the Machine Learning and Data-Driven Methods for the Predictive Analysis of Power Systems: a Review / W. Strielkowski, K. Muraviev, K. Selivanov et al. // Energies. – 2023. – V. 16, No. 10. No. 4025.
2. Predictive Control Algorithm for a Variable Load Hybrid Power System on the Basis of Power Output Forecast / B. V. Artemiev, K. V. Selivanov, K. S. Mironov et al. // International Journal of Energy Economics and Policy. – 2022. – V. 12, No. 3. – P. 1 – 7.
3. Berdyugina, O. N. Technological Platform for Innovative Social Infrastructure Development on Basis of Smart Machines and Principles of Internet of Things / O. N. Berdyugina, A. I. Krivoshein, A. I. Vlasov // Proceedings – 2018 Global Smart Industry Conference, Glosic 2018. – 2018. – No. 8570062.

ОЦЕНКА МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ПРОГРАММНО-ОПРЕДЕЛЯЕМОЙ РАДИОПЛАТФОРМЫ

Т. И. Чернышова, Р. Ю. Курносов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: romankurnosov@yandex.ru)

На этапе создания и использования программно-определяемых платформ, одним из важных вопросов является оценка надежности цифровых измерительных средств и информационно-измерительных систем (ИИС), в состав которых входят такие устройства. С учетом специфики ИИС как средств измерений особо актуальным является оценка метрологической надежности [1]. Исследование актуально в связи с развитием и усложнением технических устройств, их сложностью в программно-аппаратной реализации, точностью и важностью выполняемых функций. Сложность в программно-аппаратной реализации блоков аналого-цифрового преобразования (АЦП), входящих в структуру программно-определяемых платформ (ПОП), зависит от различных факторов, включая разрешение АЦП, скорость преобразования, тип интерфейса и требования к точности. Как известно, точность ИИС определяется характеристиками погрешности структурных составляющих, входящих в состав рассматриваемой информационно-измерительной системы, в частности, микроконтроллер ATmega328P, установленный на плате рассматриваемого ОПК. С учетом анализа комплекса факторов и параметров, влияющих на погрешность аналого-цифрового преобразования одноплатного компьютера, в составе которого используется АЦП с применением его в структуре ИИС, была построена модель АЦП в программной среде *Matlab Simulink* (рис. 1). Разработанная модель вычисляет погрешности, возникающие при функционировании данного типа АЦП. В итоге модель выводит результат аналого-цифрового преобразования одноплатного компьютера в сравнении с идеальным АЦП в виде характеристики АЦП, а также в виде количественных оценок, составляющих погрешности АЦП, полученных в младших значащих разрядах [1, 2].

Результаты моделирования АЦП с учетом особенностей функционирования рассматриваемого блока в условиях комплекса влияющих параметров и факторов исследования при реализации предложенной процедуры имитационного моделирования в перспективе могут быть использованы при решении задачи оценки метрологической надежности рассмотренного вида АЦП.

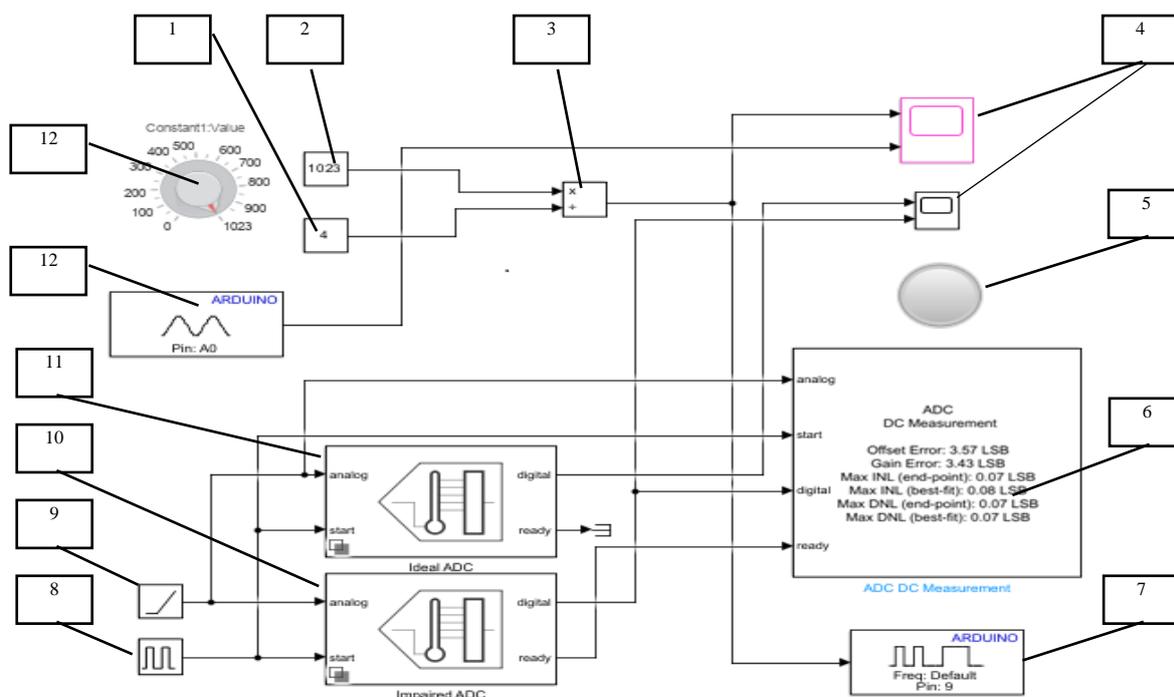


Рис. 1. Модель АЦП одноплатного компьютера в *Simulink*:

1 – блок константы со значением 4; 2 – блок переменной вывода потенциометра 12;
 3 – блок деления; 4 – блоки вывода графических зависимостей; 5 – элемент индикации;
 6 – блок вывода результатов моделирования АЦП; 7 – блок вывода данных на цифровой вывод D9 микроконтроллера; 8 – блок генератора импульсов; 9 – блок генератора линейной возрастающей функции; 10 – блок АЦП без учета возможной погрешности;
 11 – блок АЦП с учетом комплекса воздействия компонент погрешности;
 12 – блок считывания данных с аналогового входа A0

Библиографический список

1. Чернышова, Т. И. Оценка метрологической надежности аналого-цифрового преобразователя в структуре информационно-измерительной системы на этапе проектирования / Т. И. Чернышова, Р. Ю. Курносов, М. А. Каменская. – 2019. – Т. 25, № 2. – С. 180 – 189.
2. Кирюпин, М. М. Моделирование работы системы множественного доступа с конечным числом очередей в программной среде MATLAB [Электронный ресурс] / М. М. Кирюпин, О. А. Белоусов, С. В. Бабкин // Радиотехника. Проблемы и перспективы развития : тез. докл. Пятой Всерос. молодеж. науч. конф., посвященной Дню радио и связи и 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. Тамбов, 6–7 мая 2020 года. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2020. – С. 161 – 163. – EDN QLCTMI.

АЛГОРИТМ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ТОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЕ-КОД

Р. Ю. Курносов, А. С. Трофимов

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

Разработка моделей преобразователя напряжение-код (ПНК) является важной задачей при исследовании точностных и надежностных характеристик блока аналого-цифрового преобразования (АЦП) и осуществляется с помощью управляющей программы (УП), задачи, связанной с соединением моделей узлов в модель заданной структуры ПНК.

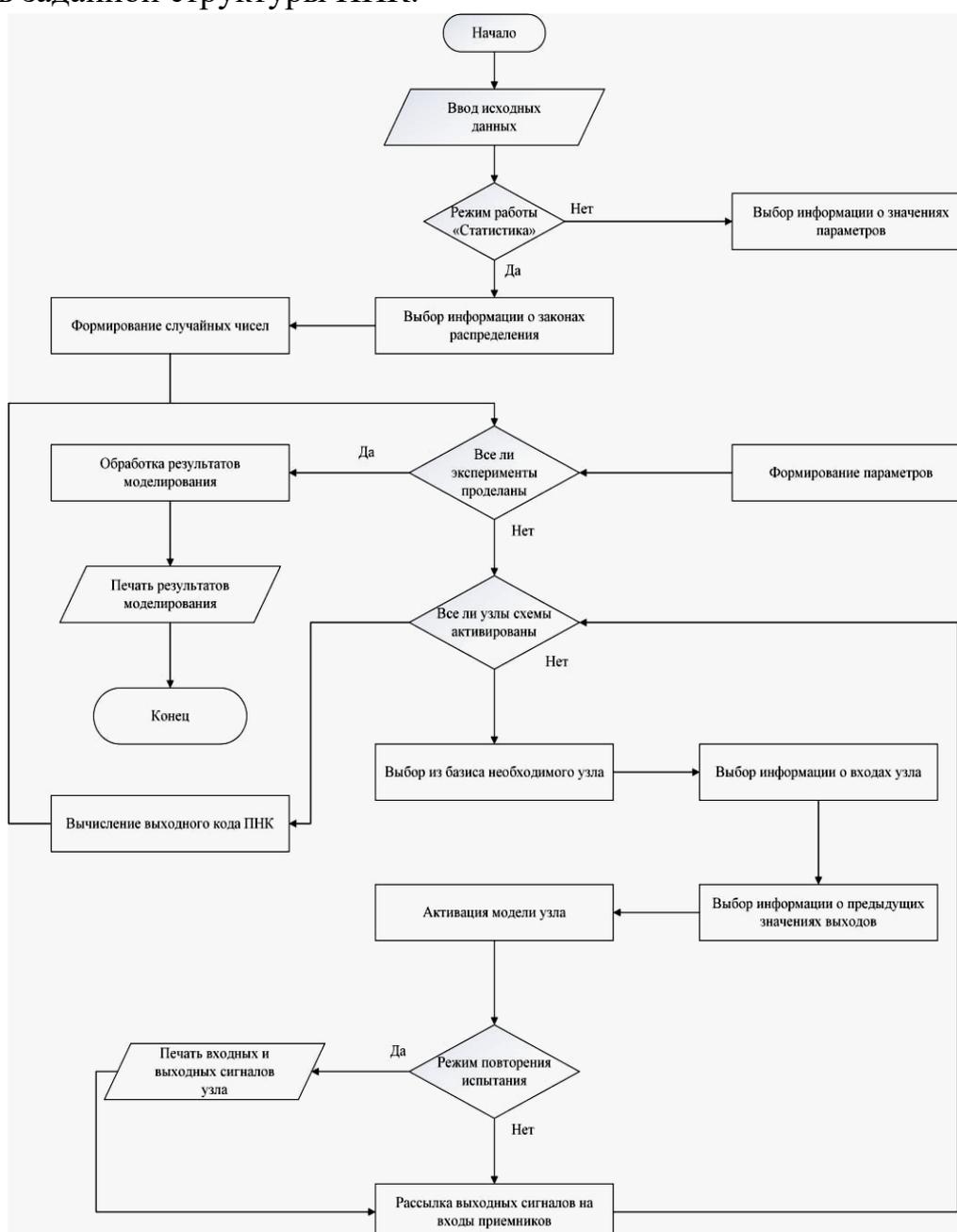


Рис. 1. Диаграмма алгоритма УП для моделирования ПНК

Решение такой задачи осуществляется на основе двух подходов: структурного и функционального. При структурном подходе процесс составления программы модели идет от схемы ПНК чрез базис к УП. При функциональном подходе модель формируется на основе алгоритмического описания через конкретизацию его операторов на выбранном базисе к управляющей программе. Следовательно, способ задания математического описания процесса преобразования в управляющей программе меняется в зависимости от подхода, что приводит к различиям в процессе развертывания моделирования ПНК. На основе общих принципов разработан ряд систем цифрового моделирования ПНК.

Рассмотрим диаграмму алгоритма, описывающую функционирование УП (рис. 1). Эта система предназначена для прогнозирования точности ПНК и требует меньше времени на моделирование каждого узла схемы. При этом структура и характер реализованной УП не зависят от состава базиса и могут применяться для изучения широкого спектра аналого-цифровых устройств. Применение алгоритма управляющей программы при моделировании преобразователя напряжение-код позволит ускорить процесс разработки, сократить время отладки, оптимизировать его функциональность и повысить производительность.

Библиографический список

1. 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. – DOI 10.17277/vestnik.2023.03.pp.375-382. – EDN DQMTIA.

2. Чернышова, Т. И. Оценка метрологической надежности блока аналого-цифрового преобразования с учетом постановки задачи проектирования / Т. И. Чернышова, Р. Ю. Курносков // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : сб. тр., Тамбов, 12–13 мая 2021 года. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2021. – С. 261 – 264. – EDN HICNAW.

3. Курносков, Р. Ю. Оценка погрешности аналого-цифрового преобразования в информационно-измерительных системах / Р. Ю. Курносков // Южно-Сибирский научный вестник. – 2020. – № 6(34). – С. 155 – 162. – EDN ZNJRZL.

ПОВЫШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Т. И. Чернышова, Р. Ю. Курносков, П. И. Карелин

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

Темпы развития промышленного производства и все возрастающая роль измерительного эксперимента на различных этапах производства промышленной продукции предъявляют все возрастающие требования к метрологическому уровню и, соответственно, к метрологической надежности измерительных средств (ИС), участвующих в практике измерительного эксперимента.

В современных условиях в силу сложности и требований к точности и объему реализации измерительных экспериментов все больше распространения находят информационно-измерительные системы (ИИС). Объем и ответственность выполняемых ими функций делают значимой задачу оценки и повышения уровня их метрологической надежности (МН).

В силу известного свойства однозначности определения МН ИИС МН аналоговых блоков (АБ), входящих в состав их измерительных каналов, следует необходимость детальной оценки показателей МН АБ для определения МН ИИС в целом.

Среди показателей МН особо значимыми для ИИС являются метрологический ресурс, а также вероятность сохранения метрологической исправности в произвольный момент времени эксплуатации. Таким образом, задача оценки МН АБ ИИС сводится к задаче повышения соответствующего из указанных выше показателей.

Известны два наиболее эффективных пути повышения МН проектируемых АБ ИИС:

- выбор номиналов элементов проектируемых блоков, обеспечивающих требуемые значения показателей их МН при заданном схмотехническом исполнении рассматриваемого АБ;
- обеспечение для АБ ИИС условий эксплуатации, способствующих повышению показателей их МН.

Оба подхода к повышению МН могут быть реализованы при проектировании АБ с применением метода аналитическо-вероятностного прогнозирования, основой которого является математическое моделирование АБ с учетом имеющейся априорной базы данных: схмотехнического решения АБ, данных элементной базы, диапазона изменения параметров окружающей среды (условий эксплуатации) и т.д.

Задача повышения МН АБ ИИС на этапе проектирования может рассматриваться как задача оптимизации выбранного показателя МН, решаемая посредством варьирования параметров оптимизации, – параметров элементной базы или условий эксплуатации. При этом выбор варьируемых параметров должен осуществляться с учетом сохранения функционального назначения блока. Общая схема процесса оптимизации представлена на рис. 1.

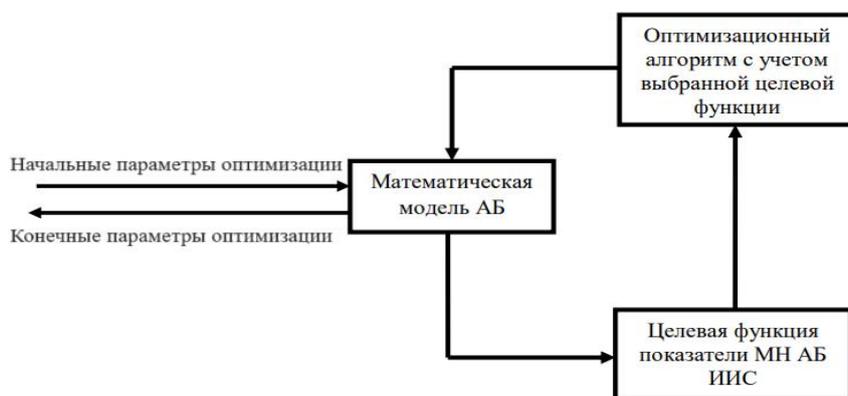


Рис. 1. Общая схема оптимизации

Как показал анализ существующих методов оптимизации, для организации оптимизационного алгоритма могут быть использованы методы параметрической оптимизации.

Конечным результатом реализации одного из существующих алгоритмов являются рекомендации по выбору элементной базы блока на этапе его проектирования, или рекомендации по выбору режимов эксплуатации АБ ИИС обеспечивающих более высокий уровень показателей МН АБ и ИИС в целом.

Библиографический список

1. Чернышова, Т. И. Повышение метрологического ресурса аналоговых блоков информационно-измерительных систем на этапе эксплуатации / Т. И. Чернышова, В. В. Третьяков, Р. Ю. Курносков // Актуальные проблемы энергосбережения и эффективности в технических системах : тез. докл. 3-й Междунар. конф. с элементами научной школы (Тамбов, 25 – 27 апреля 2016). – С. 160–161.

2. Чернышова, Т. И. Математическое моделирование метрологических характеристик при оценке метрологической надежности электронных измерительных средств / Т. И. Чернышова, Р. Ю. Курносков, М. А Каменская // Вестник Тамбовского государственного технического университета – 2017. – Т. 23, № 2. – С. 209 – 215.

МИКРОВОЛНОВЫЙ МЕТОД БЕСКОНТАКТНОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТФХ-ОБЪЕКТОВ С КОМПЕНСАЦИЕЙ ВЛИЯНИЯ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Д. Ю. Остроухов, В. Н. Чернышов

Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия

Информационный анализ показал, что одними из наиболее прогрессивно развивающихся методов неразрушающего контроля (НК) теплофизических характеристик (ТФХ) материалов являются микроволновые методы, использующие сверхвысокочастотное (СВЧ) магнитное излучение для теплового воздействия на исследуемые объекты [1 – 3]. 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, бегущих и стоячих волн малой и средней мощности. Разработан микроволновый метод НК ТФХ, сущность которого заключается в следующем.

На поверхность исследуемого объекта 1 воздействуют точечным микроволновым источником тепла 2 заданной мощности q , движущимся равномерно относительно объекта со скоростью V по линии А в направлении оси x (рис. 1).

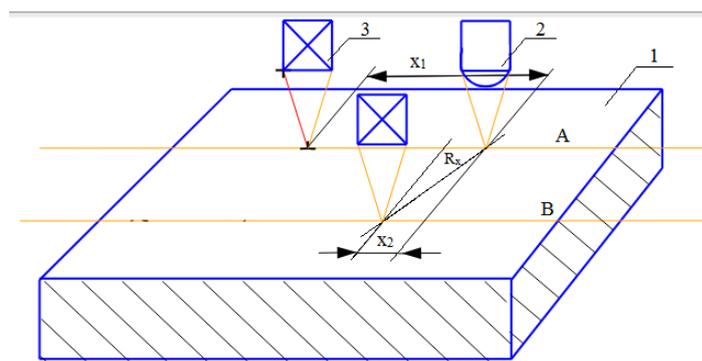


Рис. 1. Схема перемещения точечного источника тепла и термодатчика над поверхностью исследуемого объекта

Источник СВЧ-излучения выполнен в виде рупорно-линзовой антенны, сфокусированной на поверхность объекта в виде круга диаметром 0,001 м. Задаются глубиной проникновения электромагнитной волны в исследуемый материал 2...3 мм и по известному соотношению определяют частоту СВЧ-излучения с использованием информации о магнитной и удельной диэлек-

трической проницаемости исследуемого материала. Затем постепенно смещают термодатчик по оси x в сторону отставания от источника до достижения заданной температуры T_1 и измеряют расстояние x_1 . Далее перемещают термодатчик Z на линию движения B и начинают перемещать его по линии в сторону источника энергии до момента, когда измеряемое значение избыточной температуры станет равным T_1 , и измеряют расстояние R_x между источником энергии и термодатчиком.

Искомый коэффициент температуропроводности исследуемого материала определяют по соотношению:

$$a = \frac{V(R_x - x_2)}{2} \left[\ln \left(\frac{R_x}{x_1} \right) \right]^{-1},$$

где x_2 – расстояние между точкой воздействия источника и проекцией точки контроля температуры на ось x .

Для определения теплопроводности исследуемого материала термодатчик Z возвращают в первоначальное положение, увеличивают мощность источника на 10...15%, измеряют избыточную температуру T_2 , а температуропроводность определяют по соотношению

$$\lambda = \frac{\Delta q}{2\pi x_1 (T_2 - T_1)},$$

где Δq – величина увеличения мощности теплового воздействия.

Отличительной особенностью предложенного метода является компенсация влияния тепловых потерь с поверхности исследуемого объекта в окружающую среду от лучистого и конвективного теплообмена на результаты измерения, так как последние зависят от контролируемой температуры, а в предложенном методе эти температуры практически равны, а потери компенсируются.

Экспериментальная проверка разработанного метода на материалах с известными ТФХ показала его работоспособность, приемлемую для технологических измерений точность и подтвердила корректность основных теоретических выводов, положенных в основу предложенного метода.

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 ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «УЧЕТ АУДИТОРНОГО ФОНДА КГ-МИ ИМЕНИ АКАДЕМИКА У. АСАНАЛИЕВА»

З. С. Сазбаков, Ж. К. Койчуманова

Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова,
Институт электроники и телекоммуникаций,
Бишкек, Кыргызская Республика

(e-mail: zamirbek.sazbakov@gmail.com koychumanovazh@mail.ru)

Основной задачей данной работы является разработка АИС учета аудиторного фонда КГ-МИ имени академика У. Асаналиева. Данная автоматизированная информационная система должна осуществлять обработку информации о помещениях, имеющихся в подразделениях и иной информации о них.

Одной из важнейших проблем качественной организации учебного процесса в высшем учебном заведении является разработка АИС учета аудиторного фонда института, которая используется для создания автоматизированного учебного расписания. Правильно и точно составленное расписание обеспечивает равномерную загрузку студенческих групп и профессорско-преподавательского состава.

Постановка задачи. Разработать базу данных (БД) «Учет аудиторного фонда КГ-МИ имени академика У. Асаналиева», позволяющую вести: учет имеющегося аудиторного фонда; учет мебели в каждой аудитории; учет компьютеров в каждой аудитории; учет оборудования горного назначения в каждой аудитории.

Основные требования к БД по функциональному набору:

Требования по учету мебельного фонда, учету компьютеров и оборудования: пополнение базы данных мебельного и компьютерного фонда и оборудования в связи с пополнением определенных наименований; удаление из базы данных мебели, подлежащей списанию; поиск необходимой аудитории по ее названию и номеру; пополнение базы компьютеров и оборудования; удаление из базы данных компьютеров и оборудования.

Структура базы данных. Для решения поставленной задачи принята схема базы данных, представленная на рис. 1. Составляющими базы данных являются 7 таблиц: «Аудитории», «Мебель», «СводнаяМеб», «Компьютеры», «СводнаяКомп», «Оборудование», «СводнаяТехн».

Как видно на рис. 1, функции системы делятся на 6 форм.

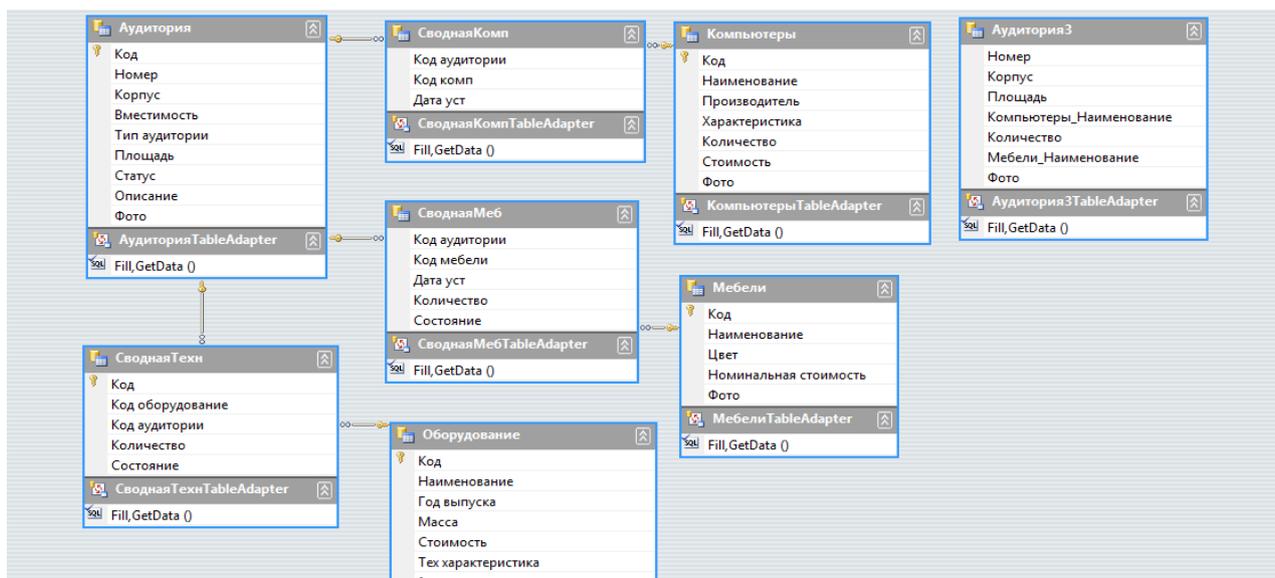


Рис. 1. Схема базы данных



Рис. 2. Главный интерфейс системы

Разработанная информационная система «Учет аудиторного фонда КГ-МИ имени академика У. Асаналиева» включает в себя следующие функции: учет имеющегося аудиторного фонда; учет мебели, компьютерного оборудования и оборудования для горного дела в каждой аудитории; пополнение базы данных мебельного и компьютерного фонда и оборудования в связи с пополнением определенных наименований; удаление из базы данных мебели, подлежащей списанию; поиск необходимой аудитории по ее названию и номеру; пополнение базы компьютеров и оборудования; удаление из базы данных компьютеров и оборудования.

Информационная система проста в обращении и сочетает в себе интуитивно понятный графический интерфейс и гибкий комплекс настроек, что особенно необходимо в современных условиях. «Учет аудиторного фонда КГ-МИ имени академика У. Асаналиева» по сути, это уже готовое комплексное решение для ведения учета аудиторного фонда института. В дальнейшем можно улучшить функциональные возможности системы и ввести в эксплуатацию.

Библиографический список

1. Уэнц, К. PHP и MySQL / К. Уэнц. – М. : Вильямс, 2015. – 256 с.
2. Гольцман, В. MySQL 5.0 / В. Гольцман. – СПб. : Питер, 2010. – 253 с.
3. Тарасов, В. Л. Работа с базами данных в Access 2010. Ч. 1 : учебно-методическое пособие / В. Л. Тарасов. – Н. Новгород, 2014.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ «УМНОГО ДОМА»

Суйундук Азатбек уулу, К. Дж. Джакыпбеков

Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова,
Институт электроники и телекоммуникаций, Бишкек, Кыргызская Республика

Введение. Умные дома предоставляют пользователю широкий спектр возможностей, таких как удаленное управление устройствами, автоматизация процессов и повышенный комфорт. Однако, увеличение числа подключенных устройств также увеличивает риски в области кибербезопасности и физической безопасности. Разработка системы информационной безопасности для умного дома становится неотложной задачей для обеспечения надежной защиты домо-владельцев.

Основная часть. Цель данной работы состоит в выделении и рассмотрении некоторых тенденций трансформации жизненного пространства в рамках технологии «умного дома».

Мы проанализируем некоторые пространства повседневных жизненных практик человека, которые могут трансформироваться в связи с распространением технологии «умного дома» уже сейчас, либо в недалеком будущем. Традиционно дом был местом отдыха и повседневной жизни человека, местом сна и приема пищи. Некоторые исследователи соотносят дом с неким женским началом, местом комфорта и домашнего очага, по крайней мере, в рамках индустриальной европейской культуры [6, с. 78–79]. Автомобиль же соотносился с «мужскими» гендерными коннотациями [7], связываемыми с психоаналитическими трактовками культуры. Сейчас уже сложно говорить об однозначной гендерной «маркировке» объектов и пространств повседневности – культура

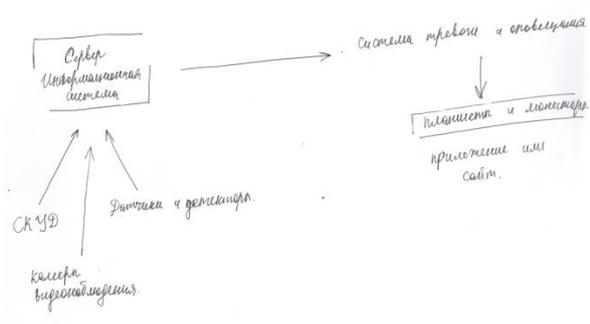
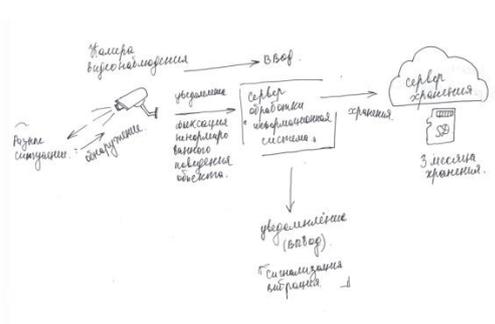
такова, что многие ее объекты утрачивают свою гендерную определенность (на рынке можно встретить, например, автомобили, которые сложно отнести к одному типу имплицитных покупателей, если, конечно, это предполагается в рамках маркетинговой политики конкретного производителя). То же касается и дома. Нередко можно встретить коммерческие объявления о продаже квартир и апартаментов с индивидуальным дизайнерским оформлением, например «для успешных мужчин», что не предполагает архетипический образ семьи и домашнего очага. В случае с «умным домом» гендерно-ролевые характеристики еще более стираются, характеристики удобства, комфорта и минимума участия человека выходят на первый план, что во многом избавляет человека от работы по дому, которую нужно было выполнять в рамках модели традиционного домашнего хозяйства.

Первая тенденция – это возрастание функционала дома и домашних пространств. Дом, как и все остальные объекты, выполняет как свою непосредственную функцию, так и соотносится с социально-семиотическими кодами. Дом и домашнее пространство фиксируют и репрезентируют социальный статус, культурный уровень, достаток (который тоже тесно связан с социальными и культурными детерминантами), дом может свидетельствовать о желании изменить свой социальный статус, либо репрезентировать такое стремление, на что указывали социальные теоретики [8, с. 68–69]. Более того, Ж. Бодрийяр описывал элементы интерьера в качестве неких репрезентаторов всего европейского образа жизни. Например, он обращал внимание на некое «закрытое» пространство цветочных горшков, которыми пользуются европейцы. Данное пространство, ограничивая каждое растение, словно перекликается с идеей самодостаточного европейца-индивида, умножающего «избыточность» материальных вещей, и отражает его культурно-мировоззренческие паттерны [9, с. 34]. Безусловно, любые конфигурации жизненного пространства отражают социальные реалии, однако в настоящее время появляется возможность кастомизированного дизайна жилища с учетом как дизайнерско-эстетических императивов, которые могут быть уникальными, так и функционально-технологических решений. Последние же, если речь идет о проекте отдельного дома, используют технологии Интернета вещей. Конечно, стоит сказать, что имеется в виду премиальный сегмент домов и соответствующих решений в области Интернета вещей, которые доступны далеко не всем слоям населения, даже если брать в расчет жителей крупных мегаполисов. Исследователи отмечают, что только прокладка необходимых кабелей и датчиков сравнима по стоимости с затратами на приобретение автомобиля хорошего класса [10, с. 7]. Так, по оценкам специалистов, уровень внедрения технологии «умного дома» в домохозяйствах Кыргызстана составляет менее 0,1% [5, с. 84], однако потребность во внедрении

такой технологии в рамках частных домохозяйств будет возрастать. Повышается популярность индивидуальных дизайнерских решений, лофтного дизайна (преимущественно в городской среде), относительно семиотики и внутреннего оформления пространства. Некоторые исследователи даже говорят о том, что подобный дизайн соотносится с образом жизни одиноких людей и супружеских пар без детей, в противоположность традиционным дизайнерским и архитектурным решениям индустриальной эпохи, рассчитанным на традиционную семью [11, с. 322]. Как правило, лофтный дизайн предполагает технологическую оснащенность. Логично предположить, что технологии «умного дома» будут ориентироваться на такого рода решения, хотя традиционный дом, без больших внутренних «пространств пустот», также актуален для внедрения Интернета вещей и технологий умного дома. Индивидуализированный дизайн современного жилища, что касается как премиального сегмента, так и более бюджетных вариантов, репрезентирует тенденцию кастомизации жилища, да и многих сфер жизни современного человека.

Под кастомизацией мы понимаем определенную тенденцию, которая появилась в рамках маркетинговых стратегий, она связана с разработкой персонализированных продуктов и услуг, ориентированных на конкретных покупателей [12, с. 26]. Кастомизация может предполагать возможность самому потребителю участвовать в создании товара в плане разработки его особенностей, дизайна в широком смысле, либо персонифицированной услуги. Понятно, что решения в области Интернета вещей, такие как технологии «Умного дома», предполагают кастомизацию, так как невозможно унифицировать потребности и особенности жилища (особенно если речь идет о премиальном сегменте и отдельном доме). Помимо этого, кастомизация будет касаться и возможности создавать элементы интерьера, мебели и, вероятно, интегрировать их с устройствами в рамках системы «умного дома» (уже сейчас можно приобрести датчики, привод и остальные элементы). Более того, есть возможность даже печати строительных элементов для дома и создания самого дома с использованием 3D-принтера (здесь, безусловно, возникают вопросы надежности деталей и их технических характеристик, соответствия строительным нормам и правилам) [13, с. 557 – 559]. Возможно, что такая практика, ориентированная на функциональность и децентрализованное кастомизированное производство, серьезно изменит контуры социально-экономической системы, да и само отношение к потреблению в рамках всего общества. Это касается и технологий создания элементов домашнего пространства в рамках «умного дома» (вплоть до возможности установки элементов, которые можно настроить, – цвет стен, дизайн и т.д. [14]. Подобная ориентация на децентрализацию, выход на первый план функциональных характеристик, нивелирование социально-маркерных аспек-

тов (в будущем, разумеется) могут изменить представление о домашнем пространстве как таковом, его феноменологию. Мы отмечали, что домашнее пространство расширяется, вбирая в себя элементы автомобиля, оно также трансформируется и автономизируется. Некоторые специалисты говорят о возможности 3D-печати широкого круга объектов, включая даже элементы человеческого тела и возможности самодиагностики. Пока такие перспективы кажутся далекими, однако, учитывая тенденции быстрого развития технологической сферы, сферы информационных и конвергентных технологий, стоит ожидать появления совершенно новых практик, в рамках которых эти технологии будут задействованы.



Секция 3
ПРОБЛЕМЫ БИОТЕХНИЧЕСКИХ
ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИРКАДИАННЫХ РИТМОВ

А. А. Кузнецов

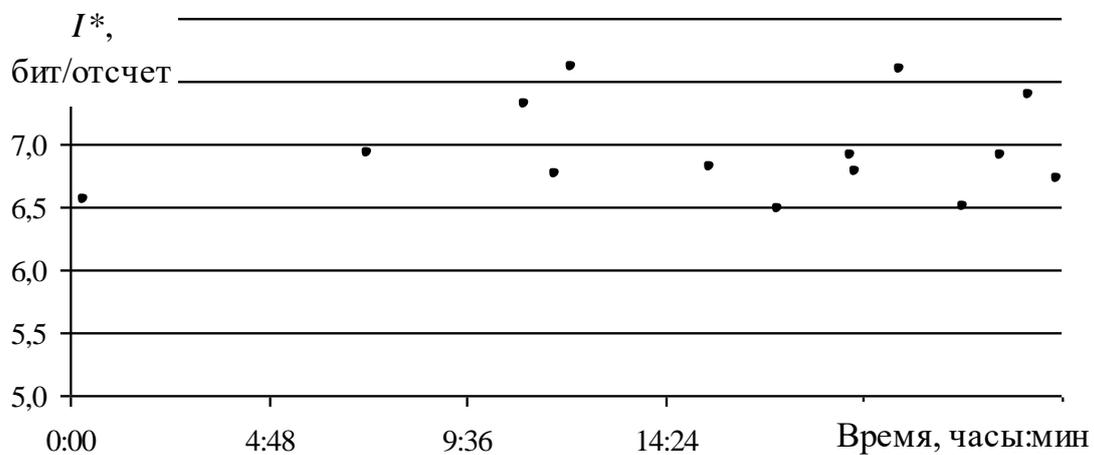
Владимирский филиал «Приволжского исследовательского
медицинского университета», Владимир, Россия
(e-mail: artemi-k@mail.ru)

Известно [1], что рост степени управления и регуляции ритма сердца приводят к росту упорядоченности структур ритмограмм. Бессимптомная донозологическая диагностика молодых здоровых людей соотносит системное ухудшение функционального состояния организма (ФСО) человека с интенсификацией управления и регуляции ритма сердца. Информационная энтропия I^* , как адекватный показатель неупорядоченности структуры ритма, обретает качество системного числового параметра ФСО. Цель работы – поинтервальная временная связь динамики информационной энтропии и полной спектральной мощности ритмограмм.

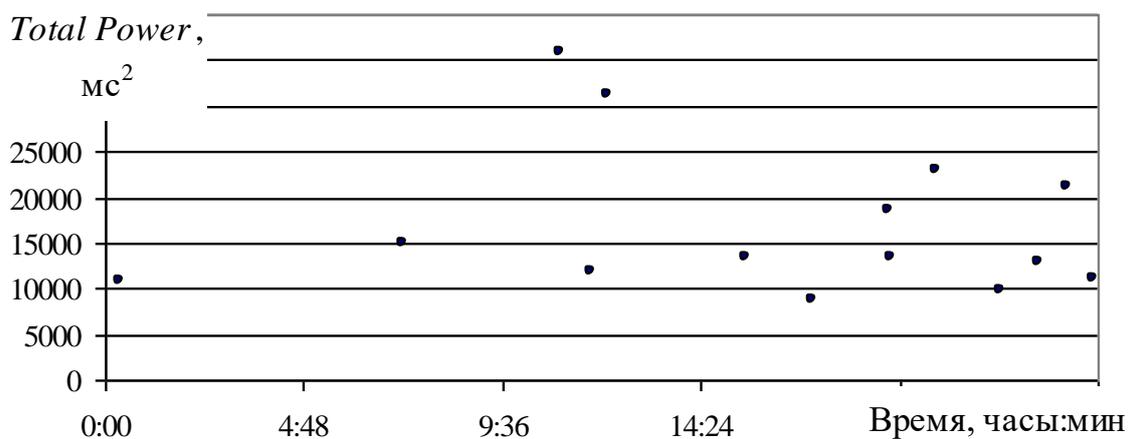
Серийные регистрации 70 ритмограмм монитором Холтера проводились по известной методике [1] для здорового юноши (20 лет) во время посуточной работы в дневную и ночную смены (за период 28.01.2008 – 20.02.2008). К анализу были представлены цифровые ряды среднеинтервальных значений полной спектральной мощности TP и информационной энтропии I^* в течение условных суток.

Медленный рост ФСО происходит условно от начала суток и в течение 11 ч от 6,6 бит/отсчет до 7,6 бит/отсчет с последующим резким падением в интервале 0,5... 1,0 ч до 6,6 бит/отсчет и далее, паузой – до 18 ч. Далее за 4 ч с одинаковой величиной скорости происходит рост I^* до 7,6 бит/отсчет (набор ФСО) и вновь падение I^* (уменьшение ФСО) до 6,5 бит/отсчет. Последний пик в динамике I^* имеет ту же амплитуду, но сжат относительно предыдущего в 2 раза (рис. 1, а). При сведении суточных данных трех недель в интервал времени условных суток оказалось, что сводные диаграммы качественно одинаковы и имеют четыре характерно выраженных участка (рис. 1, а, б). Динамика TP детально и полностью повторяет динамику I^* (см. рис. 1, а, б). Теперь вся информация о влиянии TP на систему ритма, полученная в теории

HRV, полностью отражает информацию о влиянии I^* . Внутрисуточные колебания значений I^* в пределах 6,5...7,6 бит/отсчет указывают на три перехода от донозологического 6,5 бит/отсчет до нормального 7,5...7,6 бит/отсчет ФСО, что в переводе на стандартное отклонение составляет 40...100 мс.



a)



b)

Рис. 1. Диаграммы распределений точечных значений информационной энтропии I^* (a) и полной спектральной мощности TP (б) в течение условных суток

Участки диаграммы дневных регистраций ЭКГ непредсказуемо приходятся на устойчиво депрессивные состояния ($I^* < 7$ бит/отсчет), на которых падение уровня ФСО отражает напряжение адаптационных механизмов со стороны циркадианных ритмов с расходом частотного рабочего диапазона системы кровообращения, фиксируемой обычно по варибельности ритма сердца в диапазоне очень низких частот (*Very Low Frequency*) спектра плотности мощности, т.е. ниже 0,1 Гц [1]. Вероятно, в этом случае управляющим становится гуморальный механизм [2].

Библиографический список

1. Кузнецов, А. А. Связь между временными и структурно-топологическими характеристиками диаграмм ритма сердца здоровых людей / А. А. Кузнецов // Информатика и ее применение. – 2010. – Т. 4, Вып. 4. – С. 39 – 48.
2. Физиология человека : в 3-х т. Т. 2 / под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса ; пер. с англ. – М. : Мир, 1996. – 313 с.

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФРАДИАННЫХ РИТМОВ

А. А. Кузнецов

Владимирский филиал «Приволжского исследовательского
медицинского университета», Владимир, Россия
(e-mail: artemi-k@mail.ru)

Инфраниантные ритмы представлены диапазоном ультранизких частот (*ULF*), и по принципу частотного кодирования [1] подвержены наименьшим искажениям приема. Однако величина полупериода и его естественная изменчивость затрудняют их исследование. Для создания «длинных» записей больше полупериодов инфраниантных ритмов возможны два варианта. Первый вариант поинтервального усреднения применен при исследовании циркадиантных ритмов. Второй вариант позволяет синтезировать цифровые ряды показателей ритма во времени, подключая частотную область анализа.

Цель работы – исследование возможности реализации захвата ритмом сердца здоровых молодых людей инфраниантных ритмов.

Регистрации ритмограмм проводились посуточно по известной методике [2] у здоровых юношей и девушек монитором Холтера комплекса амбулаторной регистрации «*AnnA Flash 3000*» с 9.12.2007 по 21.01.2008, с определением четырех моментов распределения: среднего выборочного значения $\langle X \rangle$, стандартного отклонения σ , коэффициентов асимметрии A и эксцесса E и информационной энтропии I^* , бит/ n . Полученные цифровые ряды имеют ограниченное число данных, равное числу регистраций, и потому не пригодны для спектрального анализа. Для решения этой проблемы был предложен метод оцифровки изображений, сглаживания и передискретизации с назначаемым шагом и ростом размера ряда. «Технологический» диапазон высоких частот, задаваемый обозначенным шагом на частотной оси, далее «вырезался» до анализа. У обоих

обследуемых достоверно выделялись циклические компоненты в диапазоне *ULF* для сопоставления их характеристик с данными известных внешних источников влияния [3]. Узкополосный спектр плотности мощности имел по четыре выделяемых максимумов, (бит/сутки)²: 3...5; 14, 21 – для юноши, 3,5; 7, 14, 22, 28 – для девушки по пяти (табл. 1).

1. Показатели спектров АКФ синтезированных рядов

Спектр параметра	$G_{<X>}$, мс ²	G_{σ} , мс ²	G_E	G_A	G_{I^*} , бит ²	Спектр, полуширина
обследуемый	выделенные циклы, (сутки)					
1 – Юноша 28 суток	3...5, 14	3, 5, 21	3, 4, 21	3...5, 21	3, 5, 21	Узкополосный 0,001...0,02 час ⁻¹
2 – Девушка 32 сутки	3, 5, 7	3, 5, 7	3, 5, 14, 28	3, 5, 22	3, 5, 7	Узкополосный 0,001...0,022 час ⁻¹

Максимальные значения на спектрах плотности мощности юноши приходятся на циклы с периодами 3, 14, 21 суток, а у девушки – на 5 и 7 суток. У человека свободнотекущие ритмы с периодом около 7 дней или кратным ему проявляются в выделении с мочой 17 кетостероидов и эстрогена. Применение экстраполяции к линиям тренда длинноволнового влияния позволяет оценить их периоды 1,5 – 3 месяца. Основная мощность периодических составляющих параметрических процессов приходится на временной интервал 2 – 42 дня стационарности (42 суток), соотносящийся с периодом обращения пятна Вольфа на поверхности Солнца в «королевских широтах» при общей слабой средней солнечной активности и спокойной магнитосфере [3]. Так, максимальный узкополосный пик приходился на 21 сутки. Предполагается у мужчин 21-дневного ритма экскреции тестостерона и температуры тела и у девушки 28-дневного оварийного цикла [1]. Напряжение адаптационных механизмов со стороны инфраничных ритмов приводит к наполнению диапазона *ULF*-спектра плотности мощности и депрессорному угнетению организма «от погоды».

Использование системного процесса ритма сердца в качестве фазового датчика частотных характеристик внешних факторов влияний привело к неочевидным результатам. С одной стороны оказалось возможным достоверно выделить циклические компоненты в малоисследованном диапазоне *ULF*. С другой стороны фрагментарная изменчивость временных интервалов в текущей динамике показателей и индексов ритма сердца свидетельствует об автоколебательном низкочастотном режиме работы адаптационных механизмов при непре-

рывном взаимодействии организма с ритмами среды. Источниками аperiodических влияний могут быть и сами внутренние механизмы регуляции и управления ритмом сердца при их динамическом взаимодействии. Автоколебательный характер динамики параметров ритма сердца ставит под сомнение процедуру сопоставления внешних и «поглощенных» ритмов.

Библиографический список

1. Биологические ритмы : в 2 т. Т. 1. / под ред. Ю. Ашоффа ; пер. с англ. – М. : Мир, 1984. – 414 с
2. 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.

АНАЛИЗ РАБОТЫ СОВРЕМЕННОГО КАРДИОРЕГИСТРАТОРА

А. В. Кузнецова

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

Кардиорегистратор – медицинское устройство, которое применяет метод холтеровского мониторинга и используется для непрерывного или периодического мониторинга сердечной деятельности пациента.

Аппарат предназначен для регистрации и анализа электрической активности сердца в реальном времени в целях диагностики сердечно-сосудистых заболеваний (гипертония, инфаркт, атеросклероз, миокардиты, аритмия) [1].



Рис. 1. Портативный кардиорегистратор

На лицевой стороне корпуса устройства расположен жидкокристаллический индикатор и две кнопки управления регистратором. На правой боковой стороне находится разъем кабеля пациента и светодиодный индикатор функционирования изделия. На левой боковой поверхности расположен разъем для флеш-карты. В нижней части корпуса находится отсек питания, в который устанавливаются 2 аккумулятора типа ААА.

Кардиорегистратор использует специальные электроды, размещенные на теле пациента и фиксирующие изменения потенциалов для регистрации электрических сигналов, генерируемых сердцем. Сигналы с электродов поступают на входы усилителей ЭКГ. В усилителе осуществляется усиление ЭКС в полосе частот 0,05...100 Гц, фильтрация помех, подавление синфазной помехи [3].

Аналого-цифровой преобразователь конвертирует сигналы в 12-разрядный цифровой код. Этот код вводится в микропроцессор. Работой всего прибора управляет микропроцессор по программе, находящейся в постоянном запоминающем устройстве. Преобразованный в цифровой код электрокардиосигнал и данные о пациенте запоминаются в модуле памяти (флеш-карта). Программные инструменты позволяют исследовать электрокардиограмму и выявлять любые аномалии в работе сердца.

В современных кардиорегистраторах применяется беспроводная технология, что делает возможным удаленный мониторинг сердечной деятельности пациента. Это особенно важно для пациентов, которым нужен непрерывный мониторинг без привязки к стационарному оборудованию.

Библиографический список

1. Фролов, С. В. Идентификация спекл-структур для нужд картирования потоков биологических жидкостей / С. В. Фролов, А. Ю. Потлов, Т. А. Фролова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2022. – Т. 28, № 1. – С. 17 – 23.

2. Выявление локальных особенностей сигнала электроэнцефалографа с использованием искусственной нейронной сети / Д. Е. Судаков, П. С. Ш. Матея, В. М. Д. К. Фуши, С. В. Фролов // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 7. – С. 230 – 237.

3. Применение бионического подхода при синтезе систем управления многомерными объектами высокой размерности / С. В. Фролов, А. А. Коробов, А. Ю. Потлов, Т. А. Фролова // Математические методы в технологиях и технике. – 2021. – № 6. – С. 67 – 70.

4. 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.

МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ АНГИОГРАФИЯ СЕРДЦА И КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ

А. В. Кузнецова

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

Магнитно-резонансная ангиография (МРА) – это неинвазивный метод исследования, основанный на использовании мощного магнитного поля и радиоволн, позволяющий подробно визуализировать сердце и коронарные артерии. МРА дает возможность получить ценную диагностическую информацию о широком спектре сердечных заболеваний, включая коронарные болезни, врожденные пороки и опухоли сердца [1].

Магнитно-резонансная томография (МРТ) использует мощное магнитное поле и радиоволны для создания детальных изображений внутренних структур организма. Когда этот метод применяется к сердечно-сосудистой системе, он называется магнитно-резонансной ангиографией. В отличие от традиционной ангиографии, которая требует введения катетера в кровеносные сосуды, МРА является неинвазивной процедурой, не требующей никаких инъекций или облучения.

Одним из ключевых преимуществ МРА является возможность получения высокого разрешения изображений сердца и коронарных артерий, что позволяет выявлять заболевания, стенозы артерий и другие патологии.

Принцип работы магнитно-резонансной ангиографии состоит в том, что атомы водорода в организме реагируют на магнитное поле, выходя в резонанс и создавая радиоволновые сигналы. Далее, с помощью методов компьютерной визуализации данных эта информация преобразуется в изображения, что позволяет врачам визуализировать структуру и функцию сосудов.

Для получения изображений сердца и коронарных артерий с помощью магнитно-резонансной ангиографии пациент помещается внутри специального МРТ-аппарата. Сначала проводится сканирование, где магнитное поле и радиоволны генерируют изображения сердца и сосудов. Затем может быть использовано контрастное вещество, которое помогает улучшить визуализацию сосудов.

Для того чтобы детально исследовать коронарные артерии, как правило, применяются специальные диагностические методы, такие как времяпролетная ангиография или МРА с контрастным усилением [2].

Магнитно-резонансная ангиография сердца и коронарных артерий играет важную роль в диагностике и лечении сердечно-сосудистых заболеваний, а также используется для планирования хирургических вмешательств на сердце и последующего обследования пациентов после лечения [3]. Развитие и совершенствование диагностических методов на основе МРТ остается актуальным, так как в будущем они могут стать основой для проведения идентификации цифровых двойников сердечно-сосудистой системы [4].

Библиографический список

1. Абрамова, Н. Н. Магнитно-резонансная томография и магнитно-резонансная ангиография в визуализации сосудистых структур / Н. Н. Абрамова, О. И. Беличенко // Вестник рентгенологии и радиологии. – 2015. – № 2. – С. 50 – 54.

2. Mehndiratta, A. MR Angiography and Development: Review of Clinical Applications / A. Mehndiratta, M. V. Knopp, F. Giesel // Magnetic Resonance Angiography Basics to Future. – 2012. – P. 23 – 38.

3. Хроническая мезентериальная ишемия: причины, методы диагностики и лечения / С. В. Бугуров и др. // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – Новосибирск, 2022. – № 21(7).

4. Фролов, С. В. Система поддержки принятия врачебных решений в кардиологии на основе цифрового двойника сердечно-сосудистой системы [Электронный ресурс] / С. В. Фролов, А. А. Коробов, А. Н. Ветров // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2023. – No. 11(1). – URL : <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1308>

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ФОТОМЕТРОВ В МЕДИЦИНЕ

Е. В. Сеченева, Н. Р. Моргунов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: Ekaterina48_48_secheneva@mail.ru; morgunov68ru@gmail.com)

В современном мире медицинская техника играет ключевую роль в обеспечении точной диагностики и эффективного лечения различных заболеваний. Среди многообразия медицинских устройств особое место занимают фото-

метры. Фотометры – это приборы, используемые для измерения интенсивности света и анализа биомедицинских данных. Они играют важную роль в современной медицинской диагностике, обеспечивая точные и надежные измерения параметров пациентов. Однако с развитием технологий и ростом потребностей в медицинской практике появляются новые вызовы и возможности для усовершенствования этих устройств.

К таким возможностям можно отнести:

- использование новых методов анализа. Одним из ключевых направлений развития фотометров является использование новых методов анализа биомедицинских данных. Современные алгоритмы искусственного интеллекта позволяют обрабатывать и анализировать огромные объемы данных, полученных с помощью фотометра, и выявлять скрытые закономерности и паттерны, связанные с различными заболеваниями. Это позволяет более точно диагностировать и прогнозировать развитие заболеваний у пациентов, а также оптимизировать лечение и улучшить результаты терапии;

- развитие портативных и мобильных решений. С развитием миниатюризации и совершенствованием энергоэффективных компонентов становится возможным создание портативных и мобильных медицинских фотометров. Это открывает новые возможности для использования аппаратов в домашней медицинской практике, и в ситуациях, когда доступ к стационарным медицинским учреждениям ограничен. Портативные фотометры позволяют проводить быстрые и точные измерения на месте, что особенно важно в экстренных ситуациях и при проведении медицинских обследований в удаленных районах;

- интеграция с другими медицинскими технологиями. Одним из перспективных направлений усовершенствования фотометров также связано с интеграцией его функционала с другими медицинскими технологиями и приборами. Например, интеграция с ультразвуковыми сканерами, рентгеновскими аппаратами или электрокардиографами позволяет создавать комплексные системы диагностики и мониторинга, которые обеспечивают более полную информацию о состоянии пациента и помогают врачам принимать более обоснованные решения о лечении;

- экологическая устойчивость и энергоэффективность. С учетом современных требований к устойчивому развитию и экологической безопасности важно обращать внимание на экологическую устойчивость и энергоэффективность медицинских аппаратов – повышение доступности. Одно из направлений развития фотометров направлено на повышение его доступности и снижение стоимости. Это включает в себя разработку более дешевых и простых в исполь-

зовании моделей, а также создание программных решений, которые могут быть установлены на существующее оборудование.

Стоит отметить, что новые перспективные направления развития фотометров расширяют область диагностики и лечения, обеспечивая более точные, доступные и удобные решения для медицинских специалистов и пациентов. Использование новых методов анализа, развитие портативных и мобильных решений, интеграция с другими медицинскими технологиями, устойчивость к экологическим и энергетическим проблемам, а также повышение доступности – все это направления, которые делают фотометры еще более значимым инструментом в современной медицинской практике. Это особенно важно для новых методов диагностики, основанных на внедрении СППВР и методов нейронных сетей [1, 2].

Библиографический список

1. Фролов, С. В. Система поддержки принятия врачебных решений в кардиологии на основе цифрового двойника сердечно-сосудистой системы [Электронный ресурс] / С. В. Фролов, А. А. Коробов, А. Н. Ветров // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2023. – №. 11(1). – URL : <https://moitvivot.ru/ru/journal/pdf?id=1308>

2. 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. – Р. 41 – 48.

АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС КМД ПО (АО «ТВЕС»): ИННОВАЦИОННОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ ДИСПАНСЕРИЗАЦИИ ПАЦИЕНТОВ

Е. В. Сеченева, Н. Р. Моргунов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: Ekaterina48_48_secheneva@mail.ru; morgunov68ru@gmail.com)

В современном мире здоровье становится все более ценным активом, что обуславливает важность доступа к качественным медицинским услугам для поддержания его на высоком уровне. В этой связи разработка и внедрение инновационных медицинских технологий играют ключевую роль в обеспечении доступности и эффективности здравоохранения.

Одним из примеров таких технологий является аппаратный комплекс КМД-ПО, разработанный АО «ТВЕС» и предназначенный для комплексной диспансеризации пациентов. Этот уникальный комплекс объединяет в себе несколько инструментов и устройств, позволяющих проводить всестороннее обследование и контроль за состоянием пациентов. Основными компонентами аппаратного комплекса ТВЕС являются:

- ростомер, позволяющий быстро и точно измерять рост пациента для оценки физического развития и мониторинга изменений;
- весы, позволяющие определить массу тела пациента с высокой точностью для контроля за весом и оценки индекса массы тела (ИМТ);
- динамометр для мускульной силы и функционального состояния рук, оценивающий физическую форму и степень реабилитации пациентов;
- пульт зрительно-моторной реакции для оценки времени реакции пациента на определенные визуальные или звуковые стимулы;
- рулетка для измерения объемов тела и оценки процессов изменения фигуры пациента;
- калипер для точного измерения толщины кожной складки. Это помогает оценить процент жировой массы у пациента, что является важным показателем при оценке состояния здоровья и планировании диеты и физических нагрузок;
- измерение артериального давления;
- измерение легких: специализированный прибор позволяет оценить объем и функциональные параметры легких, что имеет значение для диагностики и контроля за заболеваниями дыхательной системы.

Одним из значительных преимуществ аппаратного комплекса КМД-ПО является экономия времени как для пациентов, так и для медицинского персонала, что осуществляется за счет следующих аспектов:

- КМД-ПО объединяет в себе несколько инструментов и устройств, которые обычно используются при диспансеризации пациентов. Благодаря этому медицинскому персоналу не нужно переключаться между различными устройствами и проводить отдельные процедуры для измерения различных параметров;
- одновременного измерения нескольких показателей;
- мгновенного доступа к результатам измерений и анализов, что позволяет медицинскому персоналу быстро оценить состояние пациента и принять соответствующие медицинские решения на основе анализа медицинских данных [1, 2];
- КМД-ПО может использоваться в домашних условиях, что позволяет проводить диспансеризацию пациентов без необходимости посещения специализированных клиник.

Программно-аппаратный комплекс КМД-ПО АО «ТВЕС» значительно сокращает время, затраченное на проведение диспансеризации пациентов, что позволяет оптимизировать процессы медицинского обслуживания и улучшить доступность здравоохранения. Это особенно важно в условиях современного ритма жизни, когда время становится все более ценным.

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. – Р. 41 – 48.

2. Фролов, С. В. Система поддержки принятия врачебных решений в кардиологии на основе цифрового двойника сердечно-сосудистой системы [Электронный ресурс] / С. В. Фролов, А. А. Коробов, А. Н. Ветров // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2023. – No. 11(1). – URL : <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1308>

ВЫЯВЛЕНИЕ АРТЕФАКТОВ В ЗВУКОВОМ СИГНАЛЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВОГО АНАЛИЗА

А. А. Нечай, А. В. Медведева, В. В. Леонов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: nchai2212@gmail.com)

Одним из наиболее востребованных методов обработки звукового сигнала с применением нейросетей, созданных на языке программирования Python, является разложение фрагмента аудиодорожки на спектр, в котором уже можно будет отфильтровать необходимые фрагменты на основании анализа спектральной плотности сигнала. Визуальное отображение такой спектрограммы сигнала (рис. 1) представлено на рис. 2.

Преобразование Фурье основано на разложении сложной функции (в данном случае аудиосигнала) на сумму простых гармонических колебаний различных частот. Этот процесс может быть выполнен с помощью дискретного преобразования Фурье (ДПФ), который превращает дискретный набор отсчетов аудиосигнала в спектр, состоящий из комплексных чисел.

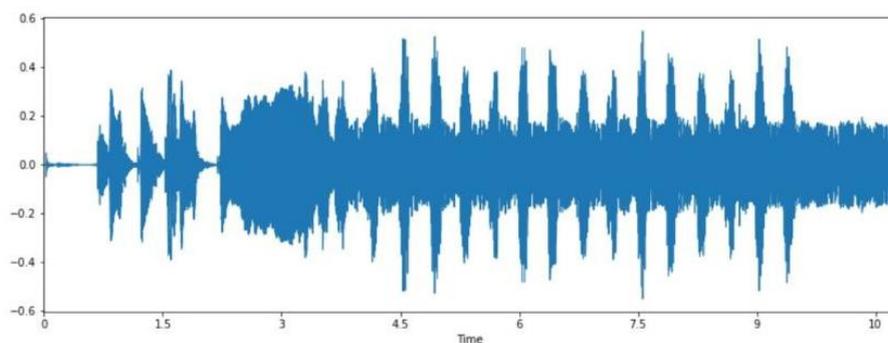


Рис. 1. Амплитудная характеристика фрагмента записи речи

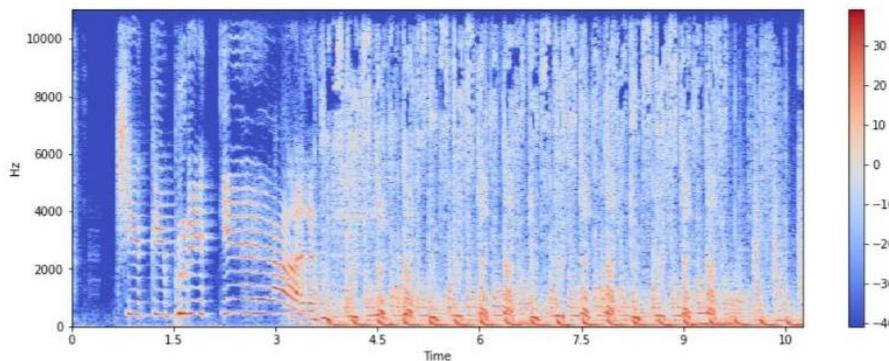


Рис. 2. Спектральная плотность фрагмента записи речи

Преобразование Фурье разлагает функцию времени (сигнал) на составляющие частоты. Преобразование Фурье, примененное к функции, отображает амплитуду каждой частоты, присутствующей в базовой функции (сигнале). Именно это мы и видим на рис. 2. На нем три шкалы – время к частоте, что интуитивно понятно, и дополнительная шкала децибел, показывающая плотность, мощность сигнала на определенной частоте в определенный промежуток времени.

Применение программного анализа амплитудного представления звуковой дорожки и ее спектрограммы позволит выделять фрагменты, на которых присутствует такой дефект речи, как заикание, и удалять его из сигнала в режиме реального времени.

Однако простое разложение фрагмента аудиодорожки на спектр не всегда достаточно для выявления необходимых фрагментов. В некоторых случаях, особенно при наличии шумов и других искажений, может потребоваться более сложный, комплексный подход к анализу звукового сигнала. В таких случаях, к разложению на спектр может быть добавлено дополнительное моделирование данных или использование других методов машинного обучения.

Для более точного и эффективного обнаружения и удаления дефектов речи, таких как заикание, можно применять различные алгоритмы обработки сигнала. Один из таких алгоритмов – алгоритм глубокого обучения, который

основан на сверточных нейронных сетях. Данная модель имеет способность высокоуровнево анализировать и идентифицировать характерные признаки, специфичные для заикания, в амплитудном представлении звуковой дорожки.

Библиографический список

1. Дуденков, В. А. Применение преобразования Фурье в проблемах обработки данных : учебное пособие / В. А. Дуденков, О. С. Гонтман. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2012.

2. Климов, Г. В. Теория приближений и спектральный анализ / Г. В. Климов, Б. С. Михайлов, В. В. Чесноков. – СПб. : Лань, 2017. – 376 с.

3. Чернышев, С. В. Машинное обучение и анализ данных / С. В. Чернышев. – М. : ДМК Пресс, 2018. – 360 с.

РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ КНИГИ ШРИФТА БРАЙЛЯ

А. В. Медведева, А. А. Нечай, В. В. Леонов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: nechai2212@gmail.com)

Для формирования текста в работе используется стандартный алфавит Брайля, содержащий как буквы алфавита, так и спецсимволы, а также цифры. При работе со шрифтом Брайля есть несколько особенностей, важных для правильного распознавания текста. Так, пробел формируется в виде пустого символа и задействует одну информационную ячейку. При этом, после любых знаков препинания в тексте символ пробела не вводится. Для ввода цифры в письменность или же заглавной буквы используются специальные знаки, которые выставляются перед последующим написанием слова (числа) и занимают одну символьную ячейку. Это необходимо учитывать при дальнейшей разработке алгоритма формирования текста.

Разрабатываемая электронная книга шрифта Брайля предполагается к реализации с применением в качестве основы для формирования символа многоступенчатых барабанов, приводимых в движение посредством зубчато-винтовой передачи. Для приведения барабана в движение и установки точного количества оборотов в целях выставления нужного символа в конструкции, необходимо задействовать шаговый двигатель с соответствующим драйвером,

управляющим углом поворота в зависимости от поступающих с центрального контроллера команд. Представленная методика была выбрана в качестве рабочей ввиду ее энергоэффективности, так как не требуется затрачивать питание на поддержание уже выведенного символа.

Для того чтобы пользователю было комфортно держать электронную книгу в руках, было принято решение принять габаритные размеры электронной книги, равными 223,5×194 мм с альбомной ориентацией рабочего поля. При таких размерах рабочее поле занимает участок 203,5×134 мм и вмещает в себя матрицу из 275 символов, сформированных в 11 строк по 25 символов в каждой. Предварительная схема компоновки лицевой панели разрабатываемого устройства представлена на рис. 1.

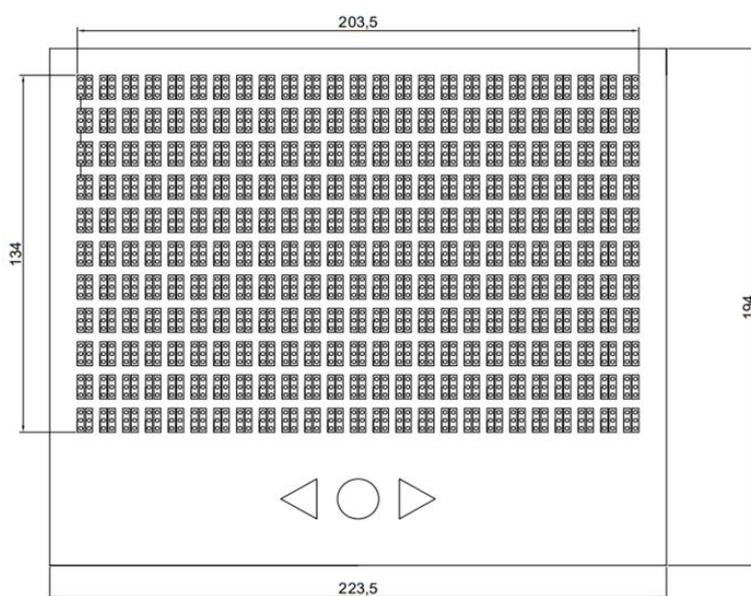


Рис. 1. Компоновка лицевой панели электронной книги шрифта Брайля

Выбранные для реализации размеры полностью соответствуют существующим стандартам и при этом позволяют обеспечивать вывод достаточного количества буквенно-цифровых значений для комфортного чтения.

Библиографический список

1. Обучение письму и чтению по системе Брайля / под ред. Г. В. Никулина. – М. : Каро, 2006. – 576 с.
2. Шрифт Брайля : сайт. – URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D1%80%D0%B8%D1%84%D1%82_%D0%91%D1%80%D0%B0%D0%B9%D0%BB%D1%8F (дата обращения: 02.04.2024).

РАЗРАБОТКА МИНИАТЮРНОГО МНОГОКАНАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФА

А. Э. Павлов, П. П. Павлов

Казанский государственный энергетический университет,
Казань, Республика Татарстан
(e-mail: pavlov-1557-104@yandex.ru; pavlov2510@mail.ru)

Диагностика психических заболеваний, таких как шизофрения, биполярное расстройство, депрессия, эпилепсия и другие с помощью электроэнцефалографии (ЭЭГ) является доступной методикой обследования, так как неинвазивно и достоверно позволяет отображать функционирование мозга [1, 2]. Применяются новые методы диагностики расстройств личности, такие как методика дисперсионного анализа альфа-ритма ЭЭГ [3].

Для обследования пациентов с психическими заболеваниями крайне важно иметь прибор, который можно быстро установить и начать съем биопотенциалов. Производители медицинской техники стараются миниатюризировать носимые ЭЭГ приборы, при этом оставляя полный функционал стационарных приборов [4]. Зачастую с помощью носимых приборов можно проводить рутинную и суточную ЭЭГ по схеме 10-20, однако количество отведений и время работы определяется конструктивными особенностями. Самым маленьким прибором на рынке сейчас является ЭЭГ-усилитель Explore+ компании Mentalab с размерами 54×50×20 мм весом 36 г с 32 каналами [5].

При разработке миниатюрного многоканального электроэнцефалографа стояла задача создать конструкцию удобного для пациента прибора, предоставляющего возможность проводить исследования в состоянии движения и обладающего универсальностью с точки зрения использования любой электродной гарнитуры. Также необходимо уменьшить помехи, наводимые на электроды, для этой цели прибор с коммутатором располагается на макушке пациента. При таком расположении электродные кабели имеют минимально возможную длину, соответственно подвергаются меньшему количеству наводимых помех.

Разработанный миниатюрный многоканальный электроэнцефалограф превосходит размеры существующих носимых приборов и является наименьшим в мире. Его габариты составляют 30×25×15 мм, вес 20 г. К прибору можно

подключить до 21 электрода и 1 заземляющий электрод. Схема расположения электродов может быть любой в зависимости от требований врача. Устройство может работать как с мокрыми, так и с сухими электродами, а также с сухими активными, что уменьшает время подготовки пациента для обследования. Использование миниатюрного электроэнцефалографа возможно не в оборудованном помещении, понадобится только ПК для подключения прибора по беспроводной связи. Однако электроэнцефалограф также может передавать данные на мобильное устройство, используя фирменное приложение.

Для миниатюрного многоканального электроэнцефалографа выбрана беспроводная связь по технологии Bluetooth с низким энергопотреблением (BLE), так как пакеты данных для передачи небольшие, а высокое энергопотребление для передачи данных может значительно уменьшить время работы устройства. Устройство также имеет слот для карты памяти и может записывать ЭЭГ напрямую на нее.

Библиографический список

1. Лохов, М. И. Диагностика поведенческих расстройств и психических заболеваний детского возраста в начальной стадии на основе кросскорреляционного анализа электроэнцефалографии как метод предупреждения тяжелых социальных последствий / М. И. Лохов, Ю. Фесенко, Л. П. Чурилов // Общество. Среда. Развитие (Terra Humana). – 2010. – № 3.
2. Бохан, Н. Характеристики альфа-ритма ЭЭГ у больных с депрессивным эпизодом в рамках рекуррентной и биполярной депрессии / Н. Бохан, С. Галкин, С. Васильева // Consortium Psychiatricum. – 2023. – № 3.
3. Росман, С. В. Применение дисперсионного анализа альфа-ритма электроэнцефалограммы в диагностике диссоциативного расстройства личности в психиатрии / С. В. Росман // Медицинский алфавит. – 2023. – № 7.
4. Wireless EEG: A Survey of Systems and Studies / G. Niso, E. Romero, J. T. Moreau et all. // NeuroImage. – 2023. – V. 269.
5. Mentalab Explore+ // Mentalab. – URL : <https://mentalab.com/mobile-eeg/> (дата обращения: 15.04.2024).

СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОСЕТЯХ

В. М. Еськов¹, В. В. Григоренко²

¹Сургутский филиал Федерального государственного учреждения
«Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт
системных исследований Российской академии наук», Сургут, Россия
(e-mail: filatovmik@yandex.ru)

²Сургутский государственный университет, Сургут, Россия
(e-mail: grigv_84@mail.ru)

Существующие системы принятия решений базируются на теории динамических систем или методах стохастики. Однако в природе существует огромное число объектов, которые не имеют статистической устойчивости. Применять к таким системам методы стохастики или детерминизма не имеет смысла. Любое такое решение будет иметь смысл только для одной (конкретной) выборки. Особенно это касается задач системного синтеза, где имеется недостаточно данных.

За последние 20 лет был доказан эффект Еськова-Зинченко (ЭЭЗ), в котором все биосистемы демонстрируют статистическую неустойчивость. Это означает, что любая выборка уникальна и ее невозможно использовать для прогноза будущего состояния биосистем. Прогноз систем третьего типа (СТТ) – биосистем невозможен в принципе [1, 2].

В итоге мы приходим к выводу о бесполезности всех методов и моделей для построения систем принятия решений в отношении биосистем (СТТ). Очевидно, что методы стохастики в описании и прогнозировании СТТ совершенно бесполезны. Любая выборка параметров СТТ будет статистически неповторима [1, 2].

В этой связи возникает острая необходимость по созданию и разработке новых методов и моделей для описания статистически неустойчивых биосистем (СТТ). Одним из проверенных направлений в этой области будет использование искусственных нейронных сетей (ИНС) для анализа СТТ.

В настоящее время ИНС используют два особых свойства реальных нейросетей мозга (НСМ). К этим свойствам относятся пороговые свойства нейрона и коммуникативность НСМ. Однако нейрон и нейросети мозга обла-

дают еще двумя особыми свойствами, которые современные ИНС пока не используют.

Речь идет о повторяющихся реверберациях (непрерывная активность НСМ) и реальности хаоса в параметрах электроэнцефалограмм (ЭЭГ). В последнем случае это означает, что любой отрезок ЭЭГ будет уникальным, т.е. имеем ЭЕЗ для ЭЭГ.

В итоге, сейчас мы ввели многократные повторные настройки ИНС (режим ревербераций НСМ) и ввели хаос начальных параметров (весов w_{i0}) для всех диагностических параметров, описывающих состояние любой биосистемы. Фактически, мы ввели ЭЕЗ в работу ИНС и получили новый эффект.

Новые ИНС на базе этих двух особых свойств НСМ позволили не только разрешать неопределенность 1-го типа, но и решать задачи системного синтеза – СС. В этом случае ТДС и стохастика не могут находить параметры порядка (ПП), а ИНС может решать эти задачи нахождения ПП.

В системном синтезе нахождение ПП (главных диагностических признаков) является ключевой задачей. После открытия статистической неустойчивости выборок любых параметров СТТ решать задачу СС будет уже совершенно невозможно.

Сейчас весь СС базируется на теории динамических систем и стохастике. Однако оба этих подхода (детерминизм и стохастика) уже не могут применяться для всех биосистем из-за ЭЕЗ. Любое решение не имеет прогноза.

В итоге, принятие правильных решений уже сейчас надо выполнять на базе новой науки: теории хаоса-самоорганизации [1, 2]. В этой науке учитываются особые свойства биосистем, и методы, и модели здесь уже другие. Мы сейчас используем псевдоаттракторы и неопределенности 1-го и 2-го типов. Новый ИНС тоже это учитывает.

Библиографический список

1. Models of Uncertainty in the Framework of Compartment-Cluster Theory for Research of Instability Biosystems / V. A. Galkin, T. V. Gavrilenko, G. V. Gazya, M. A. Filatov // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2022. – 981, 032004.
2. Living Systems' Chaos: the Problem of Reduction in Physics and Biology / V. V. Eskov, E. A. Manina, M. A. Filatov, T. V. Gavrilenko // AIP Conference Proceedings. – 2022. – 2647, 070031.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО СЕРДЦА С ДЕФЕКТОМ МЕЖЖЕЛУДОЧКОВОЙ ПЕРЕГОРОДКИ

Д. Е. Судаков

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: Sudakov.dima1702@yandex.ru).

Врожденные пороки сердца являются самыми распространенными из всех пороков развития. Из них наиболее часто встречающимся является дефект межжелудочковой перегородки. В процентном соотношении частота их выявлений достигает от 27,7 до 42% от всех пороков [1].

Случается, что во время внутриутробного развития сердце плода может развиваться не нормально, и в перегородках, разделяющих сердечные камеры, возникает отверстие: на перегородке между верхними камерами (дефект межпредсердной перегородки) и нижними камерами (дефект межжелудочковой перегородки).

При дефекте межжелудочковой перегородки в легкие поступает меньшее количество ненасыщенной кислородом крови, и кровообращение не является эффективным. В этих условиях для нормального снабжения кислородом тканей и органов сердце должно работать с перегрузкой и перекачивать больше крови.

Оптимальным решением в вопросе моделирования дефекта межжелудочковой перегородки является создание модели здорового сердца и после проверки ее адекватности и работоспособности включение в нее блока, характеризующего аномалию.

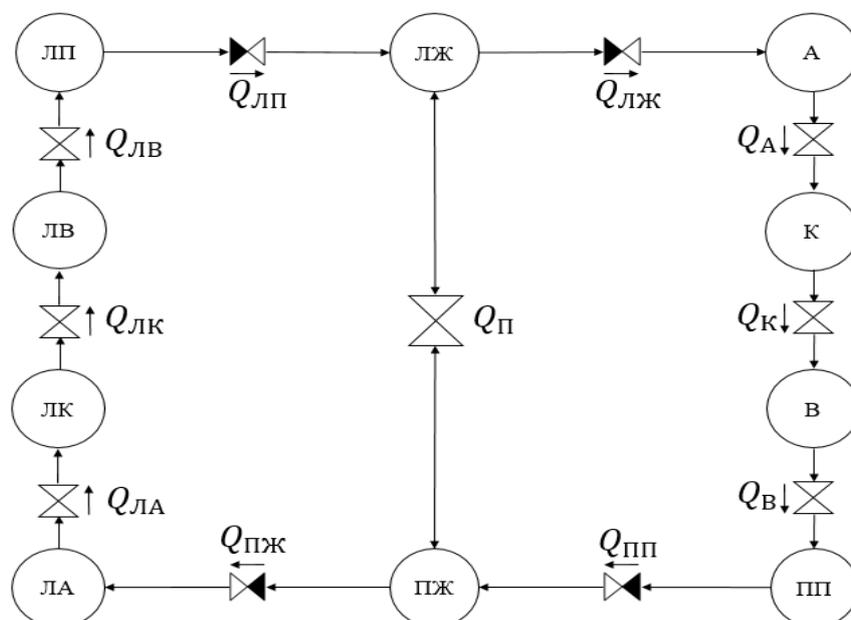


Рис. 1. Структурная модель кровообращения

Наглядно отражает работу сердца так называемая диаграмма «объем–давление», характеризующая нормальную насосную функцию сердца.

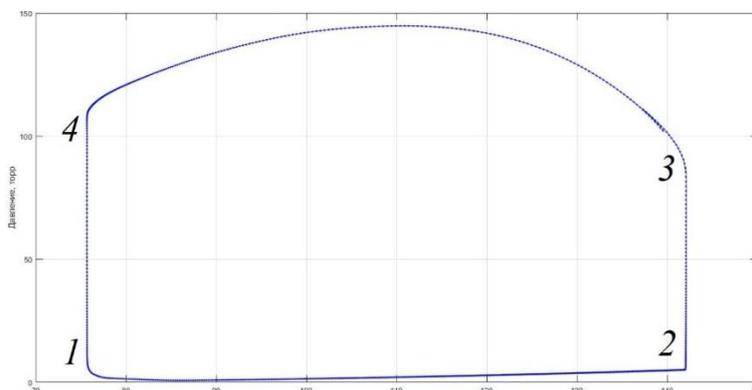


Рис. 2. Диаграмма «объем–давление» при здоровом сердце

Внесем в модель данные, соответствующие дефекту межжелудочковой перегородки. Для моделирования установим размер дефекта как половину диаметра аорты, что считается большим дефектом.

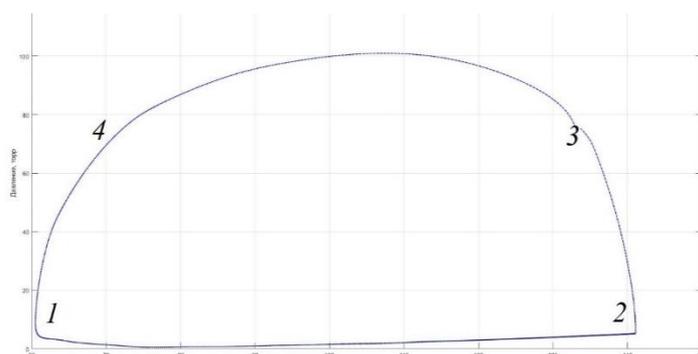


Рис. 3. Диаграмма «объем–давление» при дефекте межжелудочковой перегородки

На рисунке 3 отражено, что в фазах 2-3 и 4-1 цикла работы объем желудочка значительно меняется, в тот момент времени, когда он должен оставаться постоянным. А также, что максимальная величина давления в левом желудочке при наличии дефекта межжелудочковой перегородки значительно ниже, чем у здорового сердца.

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. Niederer, S. A. Computational Models in Cardiology / S. A. Niederer, J. Lumens, N. A. Trayanova // Nat Rev Cardiol. – 2019 Feb. – V. 16(2). – P. 100 – 111.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПАРАМЕТРОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ОТ ВОЗРАСТА

Д. Е. Судаков

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: Sudakov.dima1702@yandex.ru)

С момента рождения ребенка и до достижения им совершеннолетия организм постоянно меняется и развивается. Исследователями уже установлены границы диапазона значений параметров организма, в том числе сердечно-сосудистой системы, которые являются нормой в конкретном возрасте. При построении этих параметров в графическом виде они принимают вид, по внешним признакам, близкий к экспоненциальному (рис. 1).

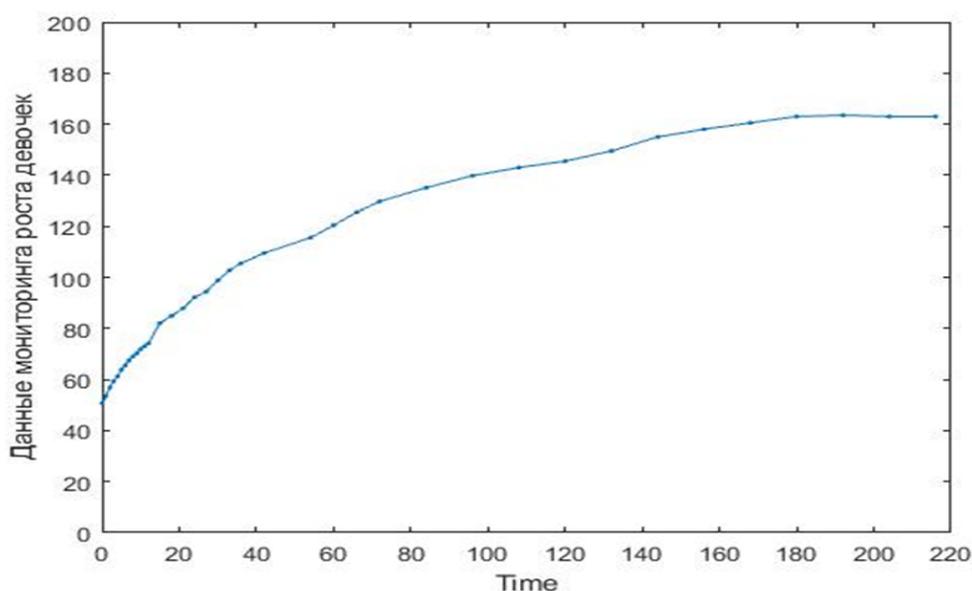


Рис. 1. Зависимость роста от возраста

Исходя из данного замечания, нами выдвигается гипотеза, что рост ребенка с возрастом, а также параметры, с ним связанные, меняются по экспоненциальному закону

$$R = A \cdot (1 - e^{-\frac{t}{T}}),$$

где R – рост; t – время в месяцах; A и T – параметры, определяющие характер зависимости.

Для определения параметров A и T возьмем две произвольные точки в моменты времени t_1 и t_2 , для которых известно значение роста ребенка, и составим систему уравнений и выразим из нее параметр A :

$$A = \frac{R_1^2}{2 \cdot R_1 - R_2}.$$

Для получения параметра T подставим полученное выражение в начальную систему уравнений:

$$T = \frac{-t_1}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1} - 1\right)}.$$

Используя полученные формулы, находим коэффициенты A и T и строим график полученной зависимости (рис. 2).

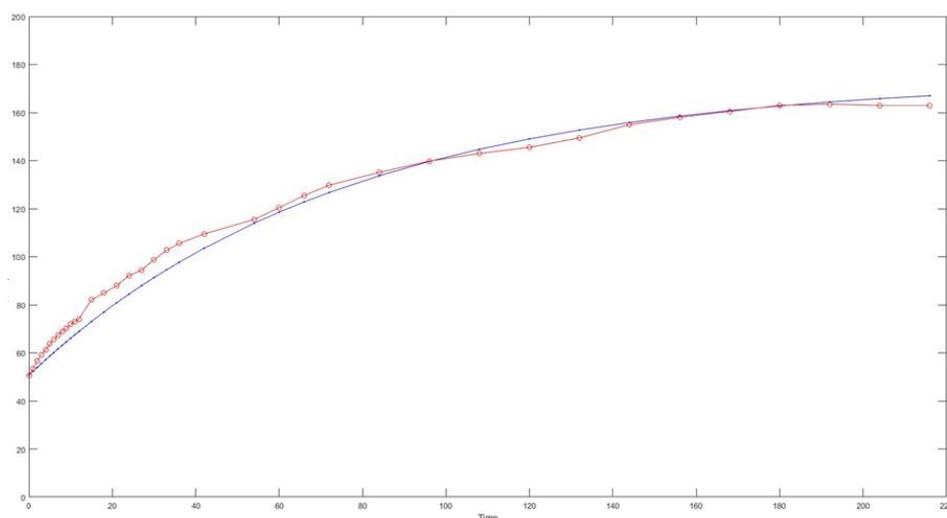


Рис. 2. Экспериментальная и экспоненциальная зависимости

Рассчитаем погрешность по формуле

$$\varepsilon = \frac{|R_3(t) - R_i(t)| \cdot 100\%}{R_3(t)},$$

где $R_3(t)$ – значение роста из данных исследования; $R_i(t)$ – значение, рассчитанное по экспоненциальному закону.

Погрешность рассчитанной экспоненциальной зависимости от экспериментальных данных составляет 1,24% на приемлемом уровне и обусловлено во многом усреднением статистических данных, так как для каждого конкретного человека зависимость роста от возраста является более плавной и еще более близкой к экспоненциальному закону.

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. Niederer, S. A. Computational Models in Cardiology / S. A. Niederer, J. Lumens, N. A. Trayanova // Nat Rev Cardiol. – 2019 Feb. – V. 16(2). – P. 100 – 111.

БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА С ПЕРСОНИФИЦИРОВАННОЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТЬЮ

Е. В. Петрунина¹, А. Е. Пшеничный¹, Д. А. Ермаков², М. Ю. Ефремов²

¹Юго-Западный государственный университет, Курск, Россия

²Московский политехнический университет, Москва, Россия

(e-mail: SFilist@gmail.com; petruninaelenav@gmail.com)

Биотехническая система со структурой рис. 1 предназначена для реабилитации пациентов с нарушением двигательной активности с использованием персонализированного контента клипов виртуальной реальности (VR) [1]. Паретичные конечности тренируют посредством предъявления пациенту контента клипов VR, стимулирующих воображение движения паретичной конечностью [2, 3].

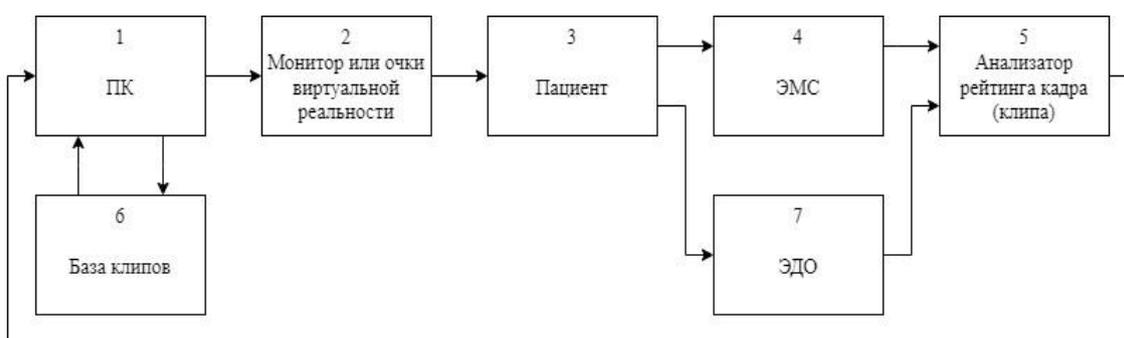


Рис. 1. Структурная схема биотехнической системы

Контроль воображения движения основан на анализе паттернов электрофизиологических сигналов, управляющих двигательной активностью паретичной конечности [4] посредством нейронных сетей [5, 6]. Контент клипов виртуальной реальности адаптируют к конкретному пациенту путем оценки рейтинга клипа R , который определяют по формуле

$$R = \frac{1}{2\alpha} \cdot \sum_{\substack{i=t_{n1}-\alpha, \\ j=t_{n2}-\alpha}}^{\substack{i=t_{n1}+\alpha, \\ j=t_{n2}+\alpha}} \overline{RMS}_i \cdot \overline{\text{ЭДО}}_j,$$

где RMS_i – отсчеты сигнала моторного ответа; $\overline{\text{ЭДО}}_j = |\overline{\text{ЭДО}}'_j|$, $\overline{\text{ЭДО}}'_i$ – отсчеты сигнала электродермального ответа, пропущенного через фильтр верхних частот; $t_{n1} = \arg \max_{i=1 \dots N} RMS_i$; $t_{n2} = \arg \max_{j=1 \dots N} \overline{\text{ЭДО}}_j$; N – число отсчетов в моторном и электродермальном сигналах; α – настраиваемый параметр.

После определения рейтинга всех клипов устанавливают пороговое значение рейтинга и клипы, рейтинг которых меньше порогового, удаляются из пула клипов VR, а в целях повышения статистической значимости вычисляемого рейтинга клипа он вычисляется многократно.

Библиографический список

1. Аль-Баредда, А. Я. С. Алгоритмы синтеза оптимального управления в биотехнических системах реабилитационного типа на основе технологий нейронных сетей / А. Я. С. Аль-Баредда, А. Н. Брежнева, Р. А. Томакова // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2018. – Т. 17, № 3. – С. 750 – 754.

2. Биотехническая система с виртуальной реальностью в реабилитационных комплексах с искусственными обратными связями / А. А. Трифонов, Е. В. Петрунина, С. А. Филист, и др. // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2019. – № 9(4). – С. 49 – 66.

3. Предикторы синхронности системных ритмов живых систем для классификаторов их функциональных состояний / Т. В. Петрова, С. А. Филист, С. В. Дегтярев и др. // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2018. – Т. 17, № 3. – С. 693 – 700.

4. Кодовые образы сигналов электроэнцефалограммы для управления робототехническими устройствами посредством интерфейса мозг-компьютер / С. А. Филист, Е. В. Петрунина, А. А. Трифонов, А. В. Серебровский // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2019. – Т. 7, № 1. – С. 67 – 79.

5. Филист, С. А. Гибридная нейронная сеть с макро-слоями для медицинских приложений / С. А. Филист, О. В. Шаталова, М. А. Ефремов // Нейрокомпьютеры: разработка и применение. – 2014. – № 6. – С. 35 – 39.

6. Нейросетевые модули с виртуальными потоками для классификации и прогнозирования функционального состояния сложных систем / А. В. Киселев, Т. В. Петрова, С. В. Дегтярев и др. // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2018. – № 4(79). – С. 123 – 134.

КЛАССИФИКАТОР ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ДЫХАНИЯ

Х. А. Х. Алавси, В. В. Песок, Д. А. Фатнев, К. Н. Селихова

Юго-Западный государственный университет, Курск, Россия

(e-mail: SFilist@gmail.com)

Классификатор функционального состояния (ФС) системы дыхания (СД) построен на основе синхронных записей пневмограммы и электрокардиосигнала (ЭКС) и анализе вейвлет-коэффициентов ЭКС, соответствующих частотному диапазону сигнала дыхания. Пневмосигнал используют для локализации частотного диапазона сигнала дыхания [1 – 4]. Классификатор ФС СД состоит из двух автономных нейронных сетей, выходы которых определяют вероятность нахождения ФС СД в заданном состоянии и вероятность нахождения ФС СД в индифферентном классе, и третьей нейронной сети, агрегирующей решения первых двух по обоим классам [5, 6].

Для вычисления дескрипторов первой автономной нейронной сети из строк вейвлет-плоскости, лежащих в области частот ритма дыхания, формируем матрицу размером $L \times N$

$$\{w_{\ell n}\}, \ell = \overline{1, L}, n = \overline{1, N}, \quad (1)$$

и определяем спектры Фурье $\{f_{\ell n}\}, \ell = \overline{1, L}, n = \overline{1, N}$ строк матрицы (1). Из N коэффициентов Фурье в каждой из L строк матрицы выделяют M релевантных коэффициентов $f_{\ell m}^*$, и вычисляют множество дескрипторов $\{d1_j\}, j = \overline{1, M}$ как

$$d1_j = \sum_{\ell=2}^L |f_{\ell, j}^* - f_{\ell-1, j}^*|.$$

Для вычисления дескрипторов второй нейронной сети транспонируют матрицу (1) в матрицу $N \times L$, в каждой из N строк транспонированной матрицы находят максимальный по абсолютной величине вейвлет-коэффициент, определяют номер строки транспонированной матрицы, которой принадлежит этот вейвлет-коэффициент, формируют вариационный ряд из N номеров строк транспонированной матрицы, элементы которого определяют как

$$d2_n = \arg\left(\max_{\ell \in \overline{1, L}} (|w_{n\ell}|)\right),$$

определяют спектр полученного вариационного ряда

$$fd2_k = \sum_{n=1}^N d2_n \cdot \exp(-2\pi kn / N)$$

и используют его в качестве дескрипторов второй автономной нейронной сети.

Библиографический список

1. Формирование дескрипторов для классификаторов функционального состояния системы дыхания на основе спектрального анализа электрокардио-сигнала / М. Б. Мяснянкин, С. А. Филист, А. В. Киселев, А. А. Кузьмин // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2020. – № 3/4, Т. 10. – С. 8 – 28.
2. Классификация функционального состояния системы дыхания на основе анализа вариабельности медленных волн VLF-диапазона / А. В. Киселев, А. А. Кузьмин, М. Б. Мяснянкин и др. // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2022. – № 1, Т. 12. – С. 8 – 32.
3. Нейронечеткие сети для систем дистанционного мониторинга амбулаторных пациентов с заболеваниями органов дыхания / А. В. Бутусов, Хайдер А. Х. Алавси, Р. А. Карачевцев, // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2023. – Т. 11, № 3. – С. 1 – 16. – URL : <https://moitvivot.ru/ru/journal/pdf?id=1425>
4. Классификации функционального состояния системы дыхания на основе анализа кардиореспираторного синхронизма / С. А. Филист, А. А. Кузьмин, Хайдер А.Х. Алавси и др. // International Journal of Open Information Technologies. – 2023. – V. 11, No. 4. – С. 21 – 28.
5. 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.
6. Филист, С. А. Универсальные сетевые модели для задач классификации биомедицинских данных / С. А. Филист, Р. А. Томакова, Яа Зар До // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – Т. 43, № 4 (Ч. 2). – С. 44 – 50.

КЛАССИФИКАТОР РИСКА РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ НА ОСНОВЕ ИМПЕДАНСОМЕТРИИ С УЧЕТОМ АНИЗОТРОПИИ БИОМАТЕРИАЛА

А. В. Серебровский, О. В. Шаталова, А. В. Лях

Юго-Западный государственный университет, Курск, Россия

(e-mail: ShatOlg@mail.ru)

Рак молочной железы (РМЖ) является наиболее распространенной злокачественной опухолью среди женщин. Для его скрининговой диагностики используют взаимодействие пациента с различными физическими полями. Одним из таких методов является биоимпедансная спектроскопия [1 – 6].

В предлагаемом классификаторе риска РМЖ поверхность кожи молочной железы сканируют четырьмя смежными матрицами электродов. Посредством коммутации как электродов внутри матриц, так и матриц электродов, формируются отведения, позволяющие получить амплитудно-фазовые характеристики (АФЧХ) импеданса биоматериала, включенного в цепь соответствующего отведения. В каждом отведении из АФЧХ выделяют шесть дескрипторов из ее реальной составляющей и шесть дескрипторов из ее мнимой составляющей, которые поступают на 16 (по числу электродов в матрице) нейронных сетей первого уровня классификатора риска РМЖ [7, 8]. Второй уровень классификатора агрегирует решения нейронных сетей первого уровня, принадлежащих одной и той же топологической структуре, и состоит из шести нейронных сетей. Учитывая, что формирования топологических структур разнесены во времени, решения нейронных сетей второго уровня хранятся в запоминающем устройстве и по окончании сканирования подаются на нейронную сеть третьего уровня, с выхода которого снимается величина риска онкологического заболевания молочной железы.

Таким образом, классификатор позволяет определить риск онкологического заболевания по результатам спектроскопии биоимпеданса в области дислокации матрицы электродов и учитывает анизотропию биоимпеданса, которая является одним из релевантных признаков онкологического заболевания.

Библиографический список

1. 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. – URL : <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=864>
2. Классификации биологических объектов на основе многомерного биоимпедансного анализа / А. В. Мирошников, О. В. Шаталова, Н. С. Стадниченко, Л. В. Шульга // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2020. – Т. 10, № 3/4. – С. 29 – 49.
3. Алгоритм оптимизации модели Войта в классификаторах функционального состояния живых систем / А. В. Мирошников, О. В. Шаталова, М. А. Ефремов и др. // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 59 – 75.
4. Биомедицинская спектроскопия в классификаторах функционального состояния органов и систем человека, построенных на основе гибридных технологий искусственного интеллекта / О. В. Шаталова, А. В. Серебровский, Н. С. Стадниченко и др. // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2023. – Т. 22, № 2. – С. 100 – 113.
5. Развитие технологии биоимпедансной спектроскопии в системах поддержки принятия врачебных решений / О. В. Шаталова, Н. С. Стадниченко, М. А. Ефремов и др. // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2023. – Т. 13, № 1. – С. 143 – 169.
6. 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.
7. Филист, С. А. Универсальные сетевые модели для задач классификации биомедицинских данных / С. А. Филист, Р. А. Томакова, Яа Зар До // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – Т. 43, № 4 (Ч. 2). – С. 44 – 50.

КОМБИНИРОВАННЫЙ КЛАССИФИКАТОР КОНТУРА ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ НА УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ

Ч. Х. Аль-Дарраджи¹, А. А. Кузьмин², А. Ю. Сухомлинов²

¹Университет Дияла, Баакубу, Республика Ирак

²Юго-Западный государственный университет, Курск, Россия
(e-mail: Ku3bmin@gmail.com)

Выделение контура поджелудочной железы на ультразвуковых снимках является важным этапом при проведении ультразвуковой диагностики этого органа и определения диагностических параметров. Четкий и ровный контур поджелудочной железы свидетельствует о ее нормальном состоянии. При наличии патологических изменений контур поджелудочной железы может быть нарушен.

Проксимальная и дистальная часть контура поджелудочной железы находится в существенно разных условиях сканирования: дистальная часть находится в зоне сильного сканирующего сигнала ближе к регистрирующим датчикам, тогда как проксимальная часть находится в собственной тени и дальше от датчиков. В дистальной части стоит задача отделить поджелудочную железу от печени или желудка, в то время как паренхима печени и поджелудочной железы имеют практически одинаковую эхогенность. А в проксимальной части необходимо отделять паренхиму поджелудочной железы от хорошо различимых вен и артерий (селезеночная вена, аорта, нижняя полая вена). Кроме того, по форме эта часть контура имеет сложную Ω -образную форму, где есть и вертикальные участки, и горизонтальные, и наклонные. Отдельные части контура с известными свойствами (например, горизонтальный, вертикальный или наклонный характер границы) имеет смысл определять с помощью фильтров, настроенных на определенную ориентацию (вертикальную, горизонтальную, наклонную). В дистальной, правой и левой части поджелудочной железы на основе соответствующих фильтров можно получить достаточно сильные классификаторы наличия контура. В проксимальной части из-за сложной формы эти классификаторы работают неудовлетворительно, являясь, по сути, слабыми классификаторами.

Поэтому предлагается вместо одного слабого классификатора использовать композицию (ансамбль) классификаторов (комбинированный классификатор).

Такой подход показал свою эффективность при решении многих задач [1 – 3]. Для настройки композиции классификаторов используют многочисленные алгоритмы бустинга [4, 5], из которых был выбран алгоритм AdaBoost, который значительно улучшил показатели точности распознавания.

Таким образом, разработанный комбинированный классификатор позволяет определить контур поджелудочной железы на ультразвуковых изображениях с достаточно высокой точностью.

Библиографический список

1. Белых, В. С. Разработка и исследование метода и алгоритмов для интеллектуальных систем классификации сложноструктурируемых изображений / В. С. Белых, М. А. Ефремов, С. А. Филист // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2016. – № 2(19). – С. 12 – 24.

2. Малютина, И. А. Методы и алгоритмы анализа рентгенограмм грудной клетки, использующие локальные окна в задачах обнаружения патологий / И. А. Малютина, А. А. Кузьмин, О. В. Шаталова // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2017. – № 3(39). – С. 131 – 138. EDN: YLAWOE

3. Метод повышения качества анализа рентгеновских снимков на основе комбинированных классификаторов / П. С. Кудрявцев, А. А. Кузьмин, О. В. Шаталова, С. А. Филист // Нейроинформатика, ее приложения и анализ данных : материалы Двадцать четвертого Всерос. семинара. – 2016. – С. 40 – 44. EDN: MSOAKN

4. Гибридные многоагентные классификаторы в биотехнических системах диагностики заболеваний и мониторинга лекарственных назначений / М. А. Ефремов, О. В. Шаталова, В. В. Федянин, А. Н. Шуткин // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2015. – № 6. – С. 42 – 47.

5. Метод классификации сложноструктурируемых изображений на основе самоорганизующихся нейросетевых структур / С. А. Филист, Р. А. Томакова, О. В. Шаталова и др. // Радиопромышленность. – 2016. – № 4. – С. 57 – 65. EDN: WXTUVT

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ДЛЯ ТРЕНИРОВКИ УПРАВЛЕНИЯ БИОНИЧЕСКИМ ПРОТЕЗОМ ПРЕДПЛЕЧЬЯ

Е. С. Ширкина

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

Ежегодно в мире происходит более 1 миллиона ампутаций. Из них более 70 000 приходится на Россию. К началу 2023 года число инвалидов в России составило 7,5% от общей численности населения. Более 200 000 человек нуждаются в протезировании рук или ног. Диабет и травмы являются основными причинами, но есть также люди, которые родились без конечностей.

Существующие конструкции протезов верхних конечностей можно разделить на три основные группы:

1. Косметические.

Достоинства: эстетичный вид; может выполнять функцию поддержки предмета.

Недостатки: ограниченный функционал; отсутствие активного элемента.

2. Функционально-косметические.

Достоинства: возможность пассивного движения.

Недостатки: низкое количество степеней свободы.

3. Бионические.

Достоинства: обширный функционал, наличие активного элемента.

Недостатки: необходимость подзарядок; высокая стоимость.

Бионические протезы позволяют людям, оставшимся без ноги или руки, жить полноценной жизнью. Но по факту ими пользуются лишь 10% людей, лишившихся конечностей. Такой небольшой процент использования имеет ряд причин:

1) до сих пор государство выдает по индивидуальной программе реабилитации (ИПР) косметические протезы. Мало кто знает, что по ИПР можно получить бионический протез;

2) долгое и дорогое обслуживание, так как основные компании, разрабатывающие протезы – зарубежные.

Но и эта проблема решаема. Сейчас существуют российские компании, выпускающие бионические протезы нового поколения;

3) многие люди боятся, что они не смогут управлять данным протезом. Для них это кажется очень сложным.

Разработка данной системы помогает решить данную проблему.

Устройство построено на основе Ардуино, схема подключения представлена на рис. 1. Она состоит из:

- платы, которая обрабатывает сигнал;
- усилителей сигнала;
- электродов, которые крепятся на остаточные мышцы. Они считывают сокращение остаточных мышц культи;
- индикаторы, которые показывают имитацию движения протеза (т.е. сгибание и разгибание кисти).



Рис. 1. Функциональная схема

Процесс разработки индивидуального бионического протеза занимает от 6 до 8 месяцев. Данное устройство поможет научиться правильно сокращать остаточные мышцы для дальнейшего успешного использования бионического протеза. Время на тренировки займет около 1,5 – 2 месяца. Тем самым, когда протез будет готов, человек уже сможет его самостоятельно использовать.

Библиографический список

1. Борисов, А. А. Основы протезирования верхних конечностей / А. А. Борисов. – М. : Медицина, 2005. – 71 с.
2. Гаврилов, Ю. А. Протезирование и ортезирование конечностей / Ю. А. Гаврилов. – М. : Медицина, 2012. – 243 с.
3. Шевцов, Д. Н. Протезирование верхних конечностей / Д. Н. Шевцов. – М. : Триада, 2012. – 119 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕДИЦИНСКИХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ФОТОМЕТРОВ

Н. Н. Крушатина

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: ninakrushatina89@gmail.com)

Фотоэлектрические фотометры получили широкое распространение в клинико-диагностических лабораториях лечебно-профилактических учреждений. Они играют ключевую роль в индивидуализации лечебных стратегий, обеспечивая точность и надежность измерений, необходимых для эффективного медицинского вмешательства.

Приборы применяются для измерения оптических характеристик биологических образцов, таких как спектральный коэффициент направленного пропускания (СКНП), оптическая плотность и концентрация веществ, которые позволяют провести анализ биохимических процессов и оценить степень изменения в биологических структурах.

В России ведутся исследования и разработки, направленные на повышение эффективности и точности фотоэлектрических фотометров за счет усовершенствования технологии материалов, конструкции датчиков и методов калибровки.

Некоторые из современных тенденций в разработке фотоэлектрических фотометров включают в себя:

- использование полупроводниковых материалов, таких как кремний и германий, для улучшения чувствительности и снижения шумов фотометров;
- разработка фотодетекторов на основе квантовых точек или наноструктур для улучшения разрешения и динамического диапазона фотометров.

Одной из многообещающих перспектив развития является включение алгоритмов искусственного интеллекта и машинного обучения в фотоэлектрические фотометры, что позволит улучшить анализ данных, распознавание паттернов.

Также современные фотоэлектрические фотометры можно интегрировать с другими технологиями, такими как микроэлектроника, нанотехнологии и биосенсоры. Это открывает новые возможности для применения фотометрии в медицинской диагностике – разработка компактных и портативных фотоэлектрических фотометров для быстрой и точной диагностики для использования в полевых условиях или научных исследованиях.

В будущем удастся создать приборы нового поколения, которые и по габаритам, и по эффективности будут в достаточно существенной степени превосходить имеющиеся в продаже сегодня модификации фотоэлектрических фотометров, что будет способствовать улучшению диагностики и эффективности медицинского обслуживания.

Библиографический список

1. Демин, В. В. Фотометрия и ее применение : учебное пособие / В. В. Демин, И. Г. Половцев. – Томск : Издательский Дом Томского государственного университета, 2017. – 342 с.

2. Phantoms of Optical and Stress-Related Properties of Cerebral Arteries with Aneurysms for Intravascular Optical Coherence Tomography / A. Y. Potlov, S. V. Frolov, T. A. Frolova, S. G. Proskurin // Progress in Biomedical Optics and Imaging – Proceedings of SPIE. – 2020. – V. 11457, art. No. 114571Q. EID: 2-s2.0-85084177530. WOS:000576665300061.

3. Пьянов, И. В. Разработка фотометра нового типа для медицинских лабораторных исследований биологических жидкостей / И. В. Пьянов // Современные проблемы биомедицинской инженерии : сб. матер. Всерос. молодеж. науч. конф. – Саратов, 2015. – С. 214 – 218.

4. Young's Modulus Evaluation of the Walls of Cerebral Arteries with Aneurysms / S. V. Frolov, A. Y. Potlov, S. G. Proskurin, T. A. Frolova // (2020) TIPTEKNO 2020 – Tip Teknolojileri Kongresi – 2020 Medical Technologies Congress, – TIPTEKNO 2020. – art. No. 9299261. EID: 2-s2.0-85099485206. WOS:000659419900047.

5. Potlov A.Y., Frolov S.V., Proskurin S.G. Young's Modulus Evaluation for the Blood Vessel Walls using Intravascular Optical Coherence Tomography / A. Y. Potlov, S. V. Frolov, S. G. Proskurin // 2020 8th E-Health and Bioengineering Conference, – EHB 2020. – art. No. 9299261. – EID: 2-s2.0-85098847081.

6. Optical Coherence Elastography of Human Blood Vessel Walls and their Phantoms / A. Y. Potlov, S. V. Frolov, S. G. Proskurin, T. A. Frolova // Proceedings of the 2020 IEEE International Conference on Electrical Engineering and Photonics, EExPolytech 2020. – art. No. 9243950. – P. 251 – 254.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ рН-МЕТРОВ В МЕДИЦИНСКОЙ ПРАКТИКЕ

А. С. Мовсесян

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

рН-метрия – метод функциональной диагностики, целью которой является измерение кислотности в желудке, пищеводе или двенадцатиперстной кишке. Показатель кислотности необходимо регулярно контролировать, поскольку любые отклонения от нормы способны вызывать серьезные сбои в работе всей пищеварительной системы. Поскольку рН-метрия позволяет выявлять изменение кислотности, методика считается одной из наиболее эффективных при диагностике.

рН-метр – прибор для измерения водородного показателя, характеризующего активность ионов водорода в растворах. Медицинские рН-метры часто используются для измерения уровня рН в крови, моче, слюне и других жидкостях для диагностики и мониторинга различных состояний и болезней.

Одним из ключевых направлений в развитии медицинских рН-метров является создание компактных устройств. Вместе с этим стоит работать над созданием беспроводных рН-метров, которые могут передавать данные на компьютер или мобильное устройство через Интернет. Это позволяет врачам получать информацию о состоянии пациента в режиме реального времени и быстро реагировать на любые изменения.

Это позволит врачам проводить измерения уровня рН прямо у пациента, не прибегая к отправке образцов на анализ в специализированную лабораторию. Это повысит скорость диагностики и обеспечит более оперативное медицинское вмешательство.

Другим важным направлением развития медицинских рН-метров является улучшение точности и надежности измерений. Современные технологии позволяют создавать все более чувствительные сенсоры, способные предоставлять точные данные о рН-уровне в жидкостях организма с высокой степенью достоверности.

Также ведется работа над созданием новых методов анализа данных, полученных с помощью рН-метров. Некоторые ученые предлагают использовать машинное обучение и искусственный интеллект для обработки результа-

тов измерений и выявления скрытых закономерностей. Это может помочь врачам быстрее диагностировать заболевания и выбирать наиболее эффективные методы лечения.

Таким образом, перспективы развития медицинских рН-метров включают в себя создание более компактных и точных устройств, интеграцию с современными технологиями и улучшение удобства использования. Это поможет врачам проводить более точные и оперативные диагностику и мониторинг состояния пациентов, что в конечном итоге приведет к улучшению качества медицинской помощи и результатов лечения.

Библиографический список

1. Yoon, J. H. Highly Self-Healable and Flexible Cable-Type pH Sensors for Real-Time Monitoring of Human Fluids / J. H. Yoon., S.-M. Kim // *Biosensors and Bioelectronics: Интернет-журн.* 15.02.2020. – URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956566319310243> (дата обращения: 09.04.2024).

2. Phantoms of Optical and Stress-Related Properties of Cerebral Arteries with Aneurysms for Intravascular Optical Coherence Tomography // *Progress in Biomedical Optics and Imaging – Proceedings of SPIE.* – 2020. – V. 11457, art. No. 114571Q. EID: 2-s2.0-85084177530. WOS:000576665300061.

3. Young's Modulus Evaluation of the Walls of Cerebral Arteries with Aneurysms / S. V. Frolov, A. Y. Potlov, S. G. Proskurin, T. A. Frolova // (2020) *TIPTEKNO 2020 – Tip Teknolojileri Kongresi – 2020 Medical Technologies Congress,* – *TIPTEKNO 2020.* – art. No. 9299261. EID: 2-s2.0-85099485206. WOS:000659419900047.

4. Young's Modulus Evaluation for the Blood Vessel Walls using Intravascular Optical Coherence Tomography / A. Y. Potlov, S. V. Frolov, S. G. Proskurin // *2020 8th E-Health and Bioengineering Conference.* – *EHB 2020.* – art. No. 9299261. – EID: 2-s2.0-85098847081.

5. Optical Coherence Elastography of Human Blood Vessel Walls and their Phantoms / A. Y. Potlov, S. V. Frolov, S. G. Proskurin, T. A. Frolova // *Proceedings of the 2020 IEEE International Conference on Electrical Engineering and Photonics, EExPolytech 2020.* – art. No. 9243950. – P. 251 – 254.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ДЫХАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

А. Ю. Ушаков

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: aleksey-ushakov-68@yandex.ru)

Проблема высокой загруженности медицинского персонала в отделениях интенсивной терапии и реанимации является одной из наиболее острых, с которой сталкиваются современные лечебно-профилактические учреждения. Пандемия вирусного заболевания COVID-19 стала, по сути, настоящим индикатором работы данных отделений и больниц в целом. Огромный наплыв пациентов в тяжелом состоянии, дефицит квалифицированного медицинского персонала, на фоне заражения инфекцией привели к повышенной нагрузке на врачей и медицинских сестер. В целях снижения таких нагрузок в будущем, а также повышения качества оказываемых медицинских услуг, предлагается разработать и внедрить систему поддержки врачебных решений, основанную на цифровом двойнике дыхательной системы.

Для достижения цели, а именно разработки цифрового двойника, необходимо решить ряд первостепенных задач:

- учесть взаимодействие дыхательной и кровеносной систем;
- проанализировать существующие способы описания дыхательной системы человека;
- выявить и математически описать значимые физические характеристики.

Систему дыхания человека можно разделить на три основных резервуара (рис. 1): альвеолярный резервуар (A), резервуар смешивания (S), а также анатомически мертвое пространство (D). Воздухообмен происходит следующим образом – воздух перемещается между внешней средой и анатомическим мертвым пространством D , далее за счет конвекции в резервуар смешивания S . Между резервуаром смешивания S и альвеолярным резервуаром A происходит диффузия, и крайний этап газообмена – перфузия между альвеолярным пространством A и легочными капиллярами PC .

Для работы программно-аппаратного комплекса, основанного на цифровом двойнике систем кровообращения и дыхания, требуется выделить основные физические параметры системы дыхания. Объем, давление, сопротивление и эластичность являются такими параметрами.

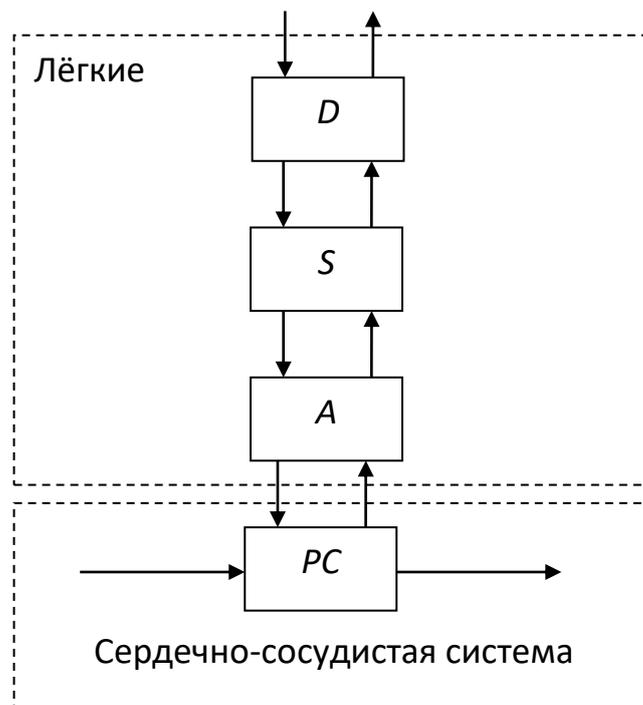


Рис. 1. Процесс воздухообмена

Эластичность или легочный комплаинс – это показатель растяжимости легочной ткани, характеризующий способность легких расширяться во время дыхательных движений. Определить комплаинс можно, используя следующую формулу (1):

$$C_L = \frac{V_L(t_I) - U_L}{P_I - P_{PL}(t_I)}, \quad (1)$$

где C_L – суммарная эластичность легких; $V_L(t_I)$ – суммарный объем резервуаров легких в момент конца вдоха; U_L – объем резервуаров в момент конца выдоха; P_I – давление в резервуарах легких в конце вдоха; $P_{PL}(t_I)$ – давление плевральной полости.

Сопротивление или резистанс характеризует сопротивление легких воздушному потоку и определяется по формуле (2)

$$R_L = \int_T \frac{P_I - P_L(t)}{Q_{ID}(t)} dt, \quad (2)$$

где R_L – общее сопротивление дыхательных путей; P_I – давление в резервуарах легких в конце вдоха; $P_L(t)$ – давление в резервуарах легких в момент времени t ; $Q_{ID}(t)$ – суммарный диффузионный поток между резервуарами легких и внешней средой.

Библиографический список

1. Голов, А. В. Математическая модель регуляции легочной вентиляции при гипоксии и гиперкапнии / А. В. Голов, С. С. Симаков / Компьютерные исследования и моделирование. – 2017. – С. 297 – 310.

2. Development of Human Respiratory Airway Models : A Review // K. Ahookhosh, O. Pourmehran, H. Aminfar, et all. // European Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2020. – V. 145. – P. 105 – 125.

ПРИМЕНЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТАБОЛИЗМА ОПУХОЛЕЙ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

В. Н. Приземин¹, А. С. Савин¹, М. Ю. Кириллин², Е. В. Потапова¹

¹Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, Орел, Россия

²ИПФ им. А. В. Гапонова-Грехова РАН, Нижний Новгород, Россия

(e-mail: vadim.prizemin@yandex.ru)

Рак молочной железы (РМЖ) является наиболее часто диагностируемым видом рака и основной причиной смертности от онкологии среди женщин во всем мире [1]. Данный диагноз устанавливается на основании клинического осмотра, методов медицинской интроскопии (маммография, ультразвуковое исследование и магнитно-резонансная томография) и пункционной биопсии, дающей гистопатологическое заключение. Системная лекарственная терапия рекомендована в качестве стандартного лечения РМЖ. Важным аспектом при выборе терапевтической схемы является информация о метаболическом статусе новообразования [2].

Методы флуоресцентной спектроскопии (ФС) и спектроскопии диффузного отражения (СДО) могут стать важным инструментом для диагностики РМЖ и мониторинга лечения. Используя данные технологии, можно получить информацию об оптических свойствах биологической ткани, зондируя ее светом выбранного диапазона и впоследствии выполняя анализ зарегистрированных спектров рассеяния света и флуоресценции. Эти спектральные закономерности представляют диагностическую информацию об исследуемых тканях, отражающую скорость клеточного метаболизма, степень васкуляризации, внутрисосудистой оксигенации и изменений морфологии тканей.

Целью данной работы является исследование метаболического статуса опухолей молочной железы и окружающей ее тканей, методами СДО и ФС при проведении чрескожной биопсии.

В исследовании приняла участие 21 пациентка с подозрением на РМЖ. В результате гистопатологического исследования диагноз подтвержден

у 13 пациенток, у 8 пациенток диагностирована фиброаденома. Для исследования оптических характеристик использовалась установка, основными блоками которой являются источник излучения с длиной волны 365 нм, широкополосный источник излучения, малогабаритный ПЗС-спектрометр и тонкоигольный оптический зонд с внешним диаметром 1 мм. В канале СДО проводилось определение тканевой сатурации на основании нормированных спектров обратного рассеяния в интервале 500...600 нм с помощью диффузионного приближения. В канале ФС оценивалась величина максимума в спектре флуоресценции (I_{365}).

Анализ результатов СДО (рис. 1, *a – в*) показал, что злокачественные опухоли имеют более низкую сатурацию по сравнению с окружающей нормальной тканью и фиброаденомами, тогда как интенсивность флуоресценции в опухоли и нормальной ткани при РМЖ, выше, чем при доброкачественном образовании (рис. 1, *г – е*), что может свидетельствовать об ишемии этих тканей или изменении их коллагенового матрикса.

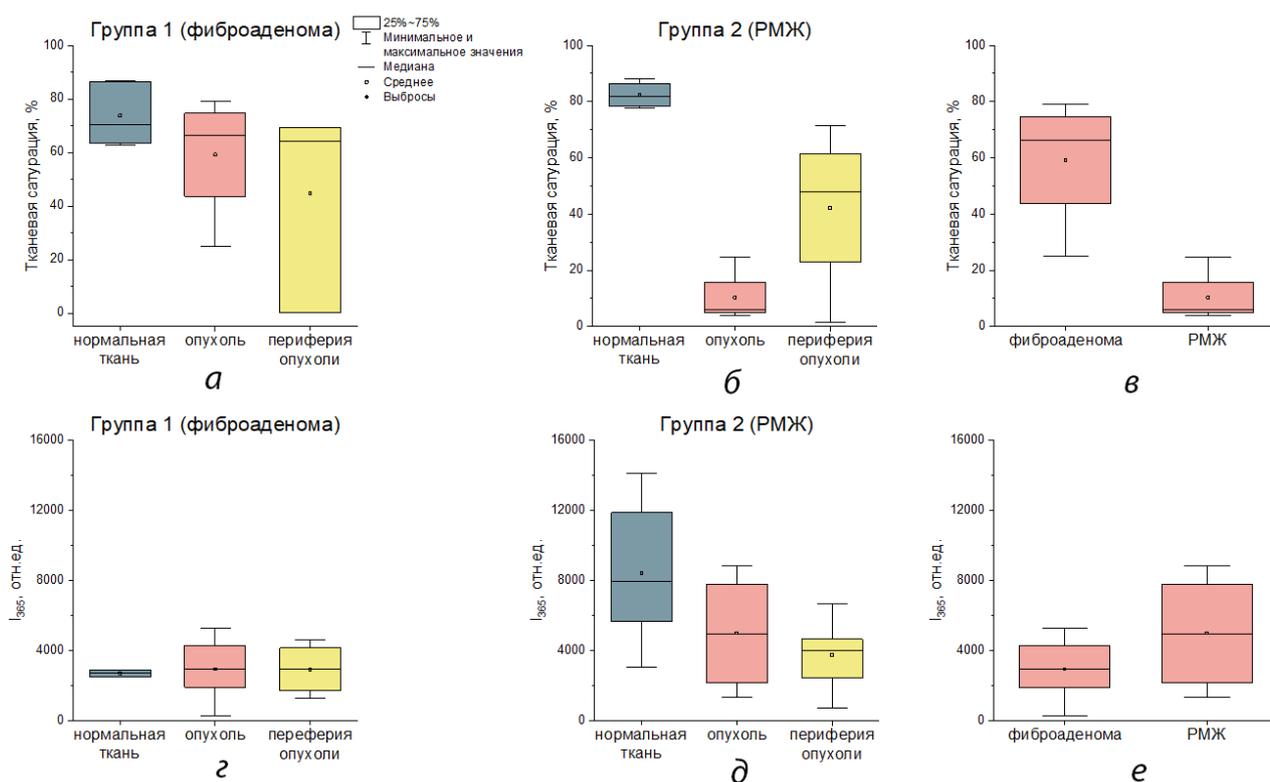


Рис. 1. Значения тканевой сатурации (*a – в*) и пиковой интенсивности в спектре флуоресценции при возбуждении на длине волны 365 нм (*г – е*)

Данные о тканевой сатурации и флуоресценции на длине волны возбуждения 365 нм могут служить индикаторами для дифференциальной диагностики опухолей молочной железы, а в перспективе могут быть рассмотрены в качестве предикторов эффективности лечения.

Библиографический список

1. Cancer Statistics / R. L. Siegel, K. D. Miller, N. S. Wagle, A. Jemal // CA: A Cancer Journal for Clinicians. – 2023. – No. 73(1). – P. 17 – 48.
2. Tissue Oxygen Saturation Predicts Response to Breast Cancer Neoadjuvant Chemotherapy Within 10 Days Of Treatment / J. M. Cochran, D. R. Busch, A. Leproux et all. // Journal of Biomedical Optics. – 2019. – No. 24(2). – P. 021202-021202.

СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ОПТИМИЗАЦИЯ БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОДНОЖЕЛУДОЧКОВЫМ КРОВООБРАЩЕНИЕМ

Е. Н. Рубцова^{1,2}, А. А. Пуговкин², Д. В. Тельшев^{1,2}

¹Национальный исследовательский университет «МИЭТ» Москва, Россия

²Первый МГМУ им. И. М. Сеченова Минздрава России, Москва, Россия
(e-mail: rubtsova_e_n@staff.sechenov.ru)

Развитие аппаратов вспомогательного кровообращения для помощи пациентам с тяжелой формой недостаточности кровообращения требует появления автоматизированных систем управления кровообращением, которые позволят предсказывать состояние пациента и выбирать оптимальный режим работы системы.

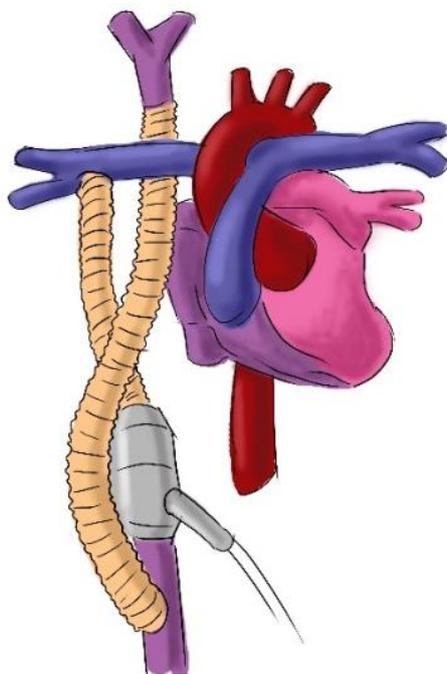


Рис. 1. Изображение биотехнической системы управления одножелудочковым кровообращением

Персонализированный подход к системам управления кровообращением улучшит качество жизни пациентов и повысит эффективность систем.

В норме человеческое сердце включает в себя два желудочка. В случае одножелудочкового кровообращения, единственный желудочек нагнетает последовательно кровь в большой и малый круги кровообращения [1]. У большинства таких пациентов к 18 годам развивается недостаточность кровообращения и им требуется пересадка сердца [2]. Альтернативной пересадке может стать биотехническая система управления одножелудочковым кровообращением (БТС ОК) (рис. 1) [3].

Оптимизация состояния БТС ОК выполняется в несколько этапов. На первом этапе проводится структурно-параметрическая идентификация системы одножелудочкового кровообращения пациента. На втором этапе определяется необходимость оптимизации состояния пациента и после чего, в случае необходимости, происходит моделирование БТС ОК. На третьем этапе выполняется оценка эффективности состояния БТС ОК для различных скоростей вращения ротора насоса и выбирается оптимальная скорость.

Проведена верификация на данных 17 клинических случаев педиатрических пациентов с одножелудочковым кровообращением из литературных источников. В результате моделирования определены случаи, которым необходима оптимизация состояния системы и определено оптимальное состояние БТС ОК для соответствующих случаев. Для демонстрации представлены результаты оценки эффективности для двух случаев (рис. 2).

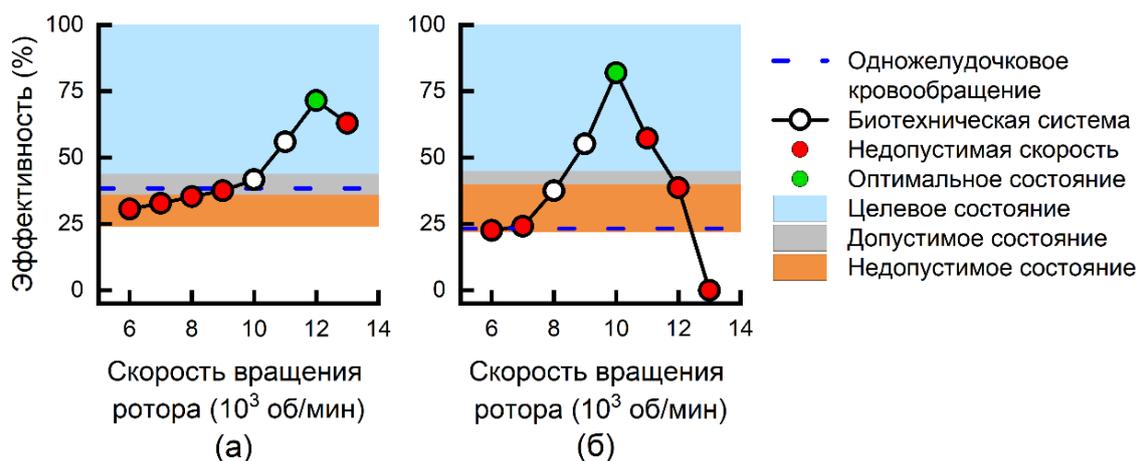


Рис. 2. Эффективность БТС ОК в зависимости от скорости вращения ротора для клинических случаев № 1 (а), № 2 (б)

Персонализированная идентификация системы дает возможность определить оптимальное состояние с учетом гемодинамических особенностей конкретного клинического случая. Оптимизация состояния систем одножелудоч-

кового кровообращения посредством создания БТС ОК является высокоэффективной и позволяет приблизить состояние системы к нормальному кровообращению.

Библиографический список

1. Спринджук, М. В. Операция Фонтена: критерии выполнения, показания и противопоказания, факторы риска / М. В. Спринджук // Современные технологии в медицине. – 2010. – № 3. – С. 98 – 103.
2. Cavopulmonary Mechanical Circulatory Support in Fontan Patients and the Need for Physiologic Control: A Computational Study with a Closed-Loop Exercise Model / M. Granegger, M. Schweiger, M. S. Daners et al. // The International Journal of Artificial Organs. – 2018. – V. 41, No. 5. – P. 261 – 268.
3. Farahmand, M. Risks and Benefits of Using a Commercially Available Ventricular Assist Device for Failing Fontan Cavopulmonary Support: A Modeling Investigation / M. Farahmand, M. N. Kavarana, E. O. Kung // IEEE Trans Biomed Eng. – 2020. – V. 67, No. 1. – P. 213 – 219.

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ БИОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗАТОРА

И. А. Попов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: popovigor99@gmail.com)

Биохимические анализы – это важнейшие исследования при обследовании пациентов лечебных учреждений. Биохимический анализатор – это специализированное оборудование для производства лабораторных исследований на содержание веществ (электролитов, ферментов, гормонов и прочее) в образце крови пациентов. Итогом работы является определение наличия и концентрация указанных выше веществ в исследуемом образце биологического материала.

Отделение клинико-диагностической лаборатории включает в себя широкий спектр медицинского оборудования, однако биохимический анализатор играет одну из ключевых ролей в верной постановке диагноза, обнаружения патологии у пациента. На данный момент насчитывается более ста моделей биохимических анализаторов, что делает затруднительным оптимальный выбор модели для нужд клинико-диагностической лаборатории. Для этой цели разрабатываются информационные модели.

Информационная модель биохимического анализатора представляет собой следующий набор классов: «Конфигурация анализатора», «Исполнение», «Оптическая система», «Методы измерения», «Производительность», «Порядок проведения измерений», «Программное обеспечение», «Комплектация», «Калибровка и контроль качества», «Режимы измерения», «Параметры» (рис. 1).

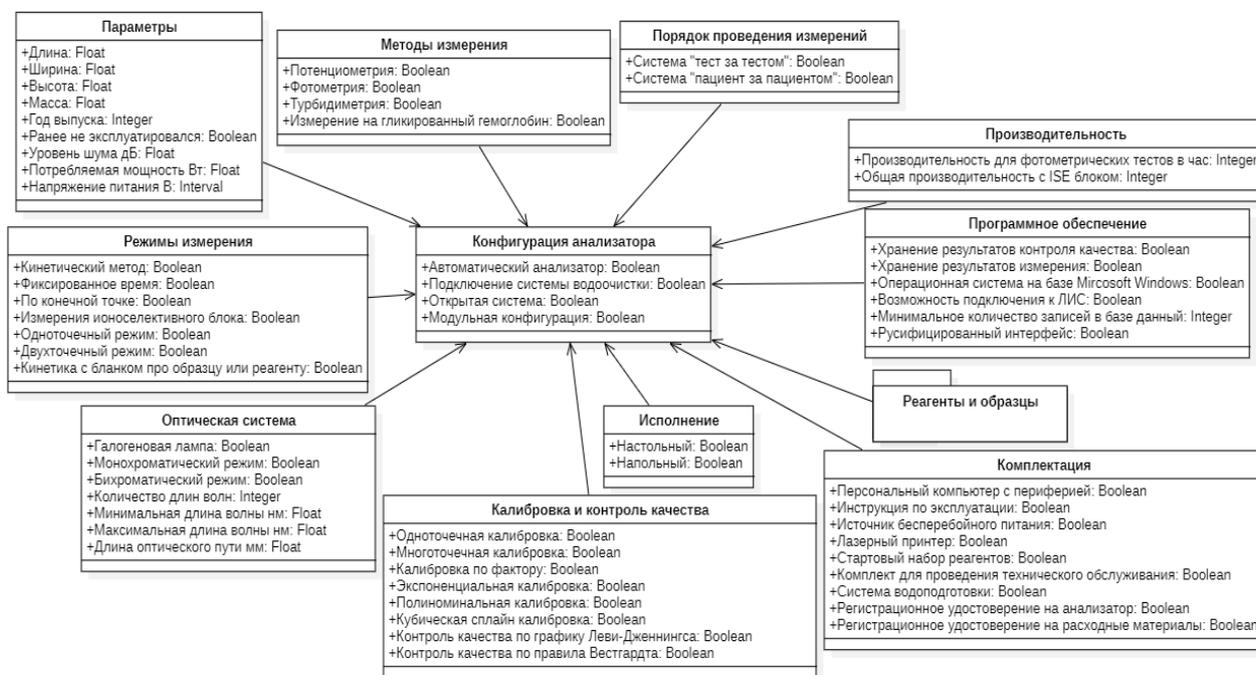


Рис. 1. Диаграмма классов биохимического анализатора

Отдельно выделен пакет классов «Реагенты и образцы». В отношении пакета классов «Реагенты и образцы» состоят следующие классы: «Образцы», «Реагенты», Реакционный блок и пробирки», «Тип исследуемого образца» (рис. 2).

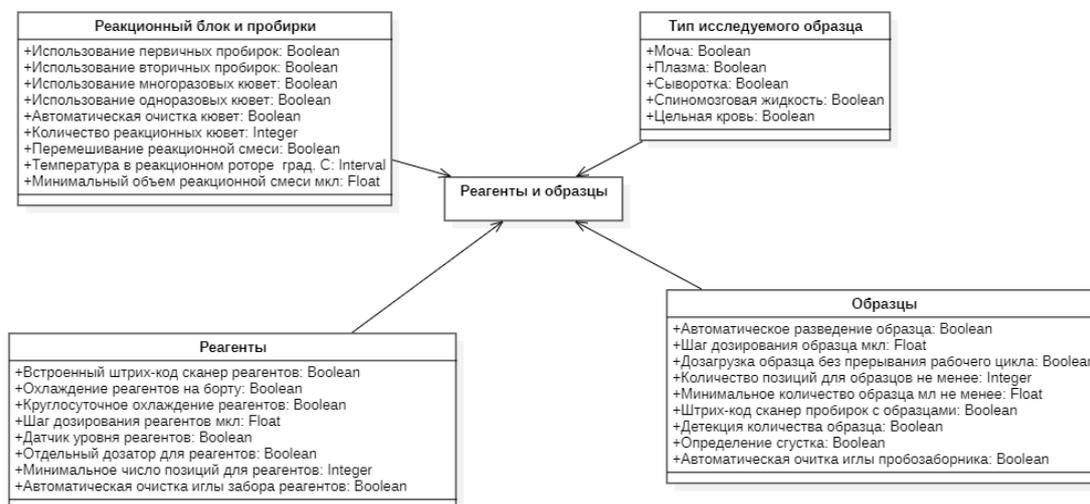


Рис. 2. Пакет классов «Реагенты и образцы»

В результате данной работы была разработана информационная модель биохимического анализатора на языке моделирования UML для дальнейшего создания системы поддержки принятия решений оптимального технического оснащения медицинского центра.

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.

ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК: ВКЛАД В МЕДИЦИНУ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

А. М. Гуров

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

Первые прототипы систем поддержки принятия врачебных решений (СППВР) появились во второй половине XX века в виде «экспертных врачебных систем», которые помогали врачу устанавливать правильный клинический диагноз. Со временем этот термин трансформировался в СППВР, в том числе потому, что перед последними был поставлен новый круг задач, связанный с повышением требований к эффективности постановки диагноза. Развитие СППВР также стало возможно благодаря увеличению вычислительных мощностей компьютеров. Вместе с этим увеличивается число качественных медицинских данных, что важно для обучения систем, основанных на нейросетевых технологиях.

В сфере здравоохранения исследователи системы кровообращения человека разрабатывают высокоточные цифровые копии человеческого сердца для клинической диагностики, исследований и обучения [1]. Кроме того, эта технология используется в медицинской промышленности при производстве лекарств для проведения различных испытаний продукции.

Цифровой двойник может указать: подходит ли пациенту определенное медицинское вмешательство или лекарство. Он способен имитировать реакцию

на лечебное воздействие или эффекты дозировки лекарств. Важную роль в этом сыграли усовершенствованные отраслевые стандарты связи между датчиками «интернета вещей», оборудованием для операционных технологий и усилия поставщиков по интеграции с различными платформами [1].

Прямо сейчас разрабатываются СППВР, основанные на цифровых двойниках, которые используют мобильные телефоны для сбора данных, которые передаются в цифровую копию каждого человека, хранящуюся в облаке. Этот цифровой двойник постоянно обновляется на основе данных измерений в реальном времени с датчиков и других устройств и анализируется с помощью методов машинного обучения и искусственного интеллекта для определения состояния здоровья человека. Система также использует технологию блокчейна для обеспечения конфиденциальности данных, которые могут быть переданы с согласия физического лица в исследовательских целях. Целью системы является обеспечение ранней диагностики и предотвращение распространения заболевания путем разработки протокола наблюдения за пациентами и лицами из группы риска [1]. Решения во время эпидемии принимаются на основе фактов об эпидемической ситуации, собственного опыта и знаний работников здравоохранения.

По данным информационного отчета Всемирного экономического форума за 2022 год, прогнозируется, что к 2030 году применение технологии цифровых двойников позволит сэкономить 280 миллиардов долларов в различных сферах человеческой деятельности. Это особенно актуально для медицины, где новым стандартом станет применение цифровых двойников сердечно-сосудистой системы [1, 2].

Библиографический список

1. Модель сердечно-сосудистой системы с регуляцией на основе нейронной сети / С. В. Фролов, А. А. Коробов, Д. Ш. Газизова, А. Ю. Потлов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2021. – № 2.

2. 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/ru/journal/pdf?id=1308> DOI: 10.26102/2310-6018/2023.40.1.007

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НЕИНВАЗИВНЫХ ГЛЮКОМЕТРОВ

О. А. Яркин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: olegstu@inbox.ru)

Сахарный диабет – проблема уровня мирового масштаба, важность которой с каждым годом набирает более угрожающие размеры, несмотря на то, что этому вопросу уделяется большое внимание. Последние результаты исследований Всемирной организации здравоохранения показали, что в мире уже насчитывается более 175 миллионов больных и их число постоянно увеличивается. По прогнозам ученых, за последние 30 лет произошел резкий скачок заболеваемости сахарным диабетом и к 2025 году достигнет 300 миллионов.

Определение уровня глюкозы крови – один из самых распространенных тестов, выполняемых клинико-диагностическими лабораториями для пациентов с сахарным диабетом. Осуществление должного контроля за уровнем глюкозы является залогом предотвращения осложнений.

Кроме различных лабораторных методов анализа уровней глюкозы, существует большое число портативных приборов, действующих на основе принципа «сухой химии». Речь идет о, так называемых, глюкометрах. Он подразумевает под собой компактный электронный прибор, определяющий уровень глюкозы в крови путем обработки сигнала с одноразовой тест-полоски, на которую нанесен образец крови. Широкое распространение проведения исследований в условиях повседневной жизни получили портативные глюкометры.

В наши дни индивидуальные глюкометры пользуются большой популярностью из-за увеличения количества людей больных диабетом. Используемые в настоящее время глюкометры имеют ряд существенных недостатков, основными из которых являются: погрешность в результатах и высокая стоимость измерений, что ограничивает частоту самоконтроля и осложняет процесс компенсации уровня глюкозы.

Неинвазивные глюкометры в большом количестве различных современных методов лабораторной и функциональной диагностики занимают достаточно низкое применение. В будущем такой способ определения уровня глюкозы в крови, безусловно, будет набирать все большую популярность. Использование неинвазивного глюкометра исключают внесение во внутреннюю среду организма болезнетворных вирусов и бактерий, а также освобождает пользователя от болевых и неприятных ощущений.

Несмотря на то, что разработки в области неинвазивного измерения уровня глюкозы ведутся уже десятки лет и предложено большое количество методов, ни один из них пока что не нашел широкого применения в клинической практике.

Библиографический список

1. Proskurin, S. G. Detection of an Absorbing Heterogeneity in a Biological Object During Recording of Scattered Photons / S. G. Proskurin, A. Yu. Potlov, S. V. Frolov // Biomedical Engineering. – 2013. – V. 46(6). – P. 219 – 223.

2. 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. : в 3 т. ; под общ. ред. В. А. Немтинова ; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Вып. 4, Т. 3. – С. 123 – 128.

3. 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.

4. 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.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СПЕКТРОФОТОМЕТРА ПУТЕМ РАЗРАБОТКИ МЕТОДА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ РАСЧЕТОВ

Р. С. Назаров

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: romka.n02@mail.ru)

Спектрофотометр – это прибор, который используется для измерения интенсивности света, поглощенного или прошедшего через образец в зависимости от его длины волны. В медицине спектрофотометры широко применяются для анализа биохимических параметров, таких как концентрация определенных веществ в крови, моче или других биологических жидкостях.

С помощью спектрофотометров можно измерять концентрацию различных биологически активных веществ, таких как глюкоза, холестерин, белки,

электролиты и другие. Эти данные используются для диагностики различных заболеваний, контроля лечения пациентов и оценки функционального состояния организма.

Спектрофотометры в медицине имеют высокую точность и чувствительность, что позволяет проводить анализы с высокой степенью надежности. Они также обладают широким диапазоном длин волн, что позволяет анализировать различные типы веществ.

В целом, спектрофотометры играют важную роль в медицинских лабораториях, помогая врачам и исследователям проводить точные и надежные анализы биохимических параметров для диагностики и мониторинга различных заболеваний.

Разные спектрофотометры работают от разных источников света. Определить какой именно установлен на том или ином устройстве можно по буквенной маркировке.

Спектрофотометры отличаются между собой по габаритам, точности и удобству использования. Они бывают стационарные и мобильные.

Спектрофотометры используются для исследований в биохимии (анализируются липиды, электролиты, субстраты, ферменты), иммунохимии, бактериологии. Для анализа качества еды и воды (сточной, природной и питьевой) применяется фотоэлектроколориметр. При определении качественных характеристик воды определяется мутность и цвет жидкости, наличие тяжелых металлов и поверхностно-активных компонентов, содержание нитритов, фосфатов, фенолов и сульфатов.

Принцип действия фотометров основан на сравнении потока излучения Φ_0 , прошедшего через «холостую пробу» и потока излучения Φ , прошедшего через исследуемый раствор. Потoki излучения Φ_0 и Φ фотоприемником преобразуются в электрические сигналы U_0 , U и U_T (U_x – сигнал при неосвещенном фотоприемнике), которые обрабатываются встроенной микро-ЭВМ и представляются на индикаторе в виде коэффициентов пропускания, оптической плотности, скорости изменения оптической плотности, концентрации.

Спектрофотометр КФК-3-01-“ЗОМЗ” имеет информационный выход. Подключив его к компьютеру при помощи разъема RS232 (рис. 1), установив драйвера на СОМ-порт, и преобразовав сигнал с фотометра через специальную терминальную программу, мы видим, что аппарат передает некоторый сигнал. Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, если разработать программу для расшифровки данного сигнала, можно сделать ПО для автоматизированных расчетов данного аппарата.



Рис. 1. КФК-3-01-«ЗОМЗ», подключенный к персональному компьютеру по RS232

Библиографический список

1. Булатов, М. И. Практическое руководство по фотоколориметрическим и спектрофотометрическим методам анализа / М. И. Булатов, И. П. Калинин. – Изд. 4-е, пер. и доп. – Л. : Химия, 1976. – 376 с.
2. Долгов, В. В. Фотометрия в лабораторной практике / В. В. Долгов, Е. Н. Ованесов, К. А. Щетникович. – М. : Российская медицинская академия последипломного образования, 2004. – 403 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ

О. В. Макареева

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: makareeva.24@mail.ru)

Электроэнцефалография (ЭЭГ) – раздел электрофизиологии, изучающий закономерности суммарной электрической активности мозга, отводимой с поверхности кожи волосистой части головы. Также ЭЭГ – неинвазивный метод исследования функционального состояния головного мозга путем регистрации его биоэлектрической активности.

Технология ЭЭГ существует уже более ста лет, но недавние достижения в области вычислительной мощности, хранения данных и машинного обучения привели к значительному повышению ее полезности и потенциала.

Одна из наиболее многообещающих перспектив для ЭЭГ находится в области интерфейсов мозг-компьютер (BCIS). Технология интерфейса

Brain-Computer (BCI) представляет собой быстро развивающееся поле, целью которой является установление прямого пути связи между мозгом и компьютером. Электроэнцефалография (ЭЭГ) является одним из важнейших неинвазивных подходов к BCIS, который записывает электрическую активность мозга с использованием электродов, прикрепленных к скальпу. Достижения в области технологии ЭЭГ позволили получить более точное, надежное и эффективное приобретение, обработку и интерпретацию мозговых сигналов, что привело к более сложным и универсальным BCI. Технология ЭЭГ получила выгоду от междисциплинарных исследований в области нейробиологии, инженерии, компьютерных наук и машинного обучения, среди прочего. Ниже приведены некоторые из достижений в технологии ЭЭГ, которые продвинули BCI к новым границам:

1. ЭЭГ высокой плотности: обычная система ЭЭГ использует ограниченное количество электродов, которые покрывают небольшую часть кожи головы, что приводит к низкому пространственному разрешению. Системы ЭЭГ высокой плотности используют более обширный массив электродов (например, до 256 электродов), которые обеспечивают более высокое пространственное разрешение, что позволяет идентифицировать точные области мозга, связанные со определенными задачами или стимулами. ЭЭГ высокой плотности использовалась для исследования динамики мозга во время когнитивных задач, языковой обработки и сенсорной моторной деятельности.

2. Носимый ЭЭГ: стандартная система ЭЭГ требует использования громоздкого и тяжелого оборудования, которое ограничивает подвижность пользователя и экологическую достоверность данных. Носимый ЭЭГ использует легкие и портативные устройства, которые можно носить на голове или интегрировать в головные уборы, одежду или аксессуары.

3. ЭЭГ с замкнутым контуром: система ЭЭГ с замкнутым контуром использует обратную связь в реальном времени из сигналов мозга для модуляции ввода или вывода системы BCI. Например, ЭЭГ с замкнутым контуром может скорректировать уровень сложности игры или интенсивность терапии на основе мозговой активности пользователя.

Несмотря на эти многообещающие перспективы, существуют также некоторые проблемы, которые необходимо решить, чтобы ЭЭГ полностью раскрыла свой потенциал. Одной из серьезных проблем является проблема качества сигнала. На сигналы ЭЭГ может влиять ряд факторов, включая артефакты движения, шум и помехи от других источников. Исследователи работают над разработкой алгоритмов для улучшения качества сигнала, но в этой области еще

многое предстоит сделать. Другой проблемой является проблема индивидуальной изменчивости. Сигналы ЭЭГ могут сильно различаться у разных людей, что затрудняет разработку универсального подхода к анализу ЭЭГ.

В заключение можно сказать, что технология ЭЭГ обладает огромным потенциалом для широкого спектра применений, включая интерфейсы, психическое здоровье и неврологию. Несмотря на некоторые проблемы, продолжающиеся исследования и разработки в этой области предполагают, что ЭЭГ будет продолжать играть важную роль в продвижении нашего понимания работы мозга и улучшении здоровья и благополучия человека.

Библиографический список

1. Судаков, Д. Е. Выявление локальных особенностей сигнала электроэнцефалографа с использованием искусственной нейронной сети / Д. Е. Судаков, П. С. Ш. Матея, В. М. Д. К. Фуши, С. В. Фролов // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 7(79). – С. 230 – 237.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗИСТИВНЫХ И ЕМКОСТНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АСИНХРОННЫХ НЕЙРОИНТЕРФЕЙСАХ

Д. В. Журавлев, Н. А. Летов

Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия
(e-mail: ddom1@yandex.ru; nikitaletovv@mail.ru)

В контексте разработки асинхронного нейроинтерфейса одну из ключевых ролей играют электроды. В данной статье проводится исследование научных работ, которые помогают понять различия передачи сигналов с применением емкостных и резистивных электродов.

Сопrotивления между усилителем и мозгом могут быть представлены эквивалентной электрической схемой и имеют соответствующие приведенные формулы.

Так, для резистивных электродов элементами эквивалентной схемы являются резистор и конденсатор, соединенные параллельно [1] (рис. 1).

Эквивалентное сопротивление будет рассчитываться по формуле [2]

$$Z = R_u + \left(\frac{1}{\frac{1}{R_e} + j\omega C_e} \right) + \left(\frac{1}{\frac{1}{R_i} + j\omega C_i} \right) + \left(\frac{1}{\frac{1}{R_d} + j\omega C_d} \right).$$

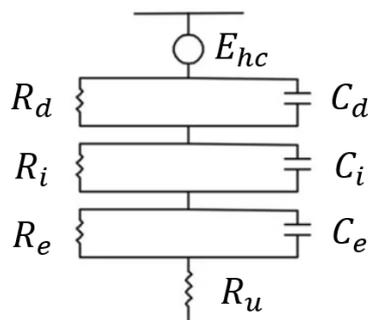


Рис. 1. Эквивалентная схема резистивного электрода:

R_u – общее сопротивление подкожных тканей; R_e и C_e – моделируют сопротивление эпидермиса; R_s и C_s – сопротивление на границе кожи и электрода; R_d и C_d – внутреннее сопротивление электрода; E_{nc} – потенциал полуэлектродной ячейки

Для емкостных электродов элементами эквивалентной схемы являются резистор и конденсатор, соединенные параллельно (рис. 2).

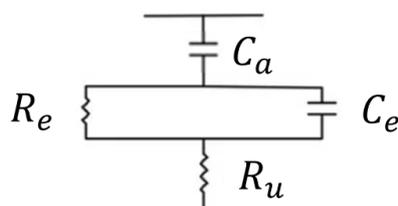


Рис. 2. Эквивалентная схема емкостного электрода

Здесь C_a представляет собой емкостное сопротивление воздуха между электродом и кожей.

Эквивалентное сопротивление будет рассчитываться по формуле

$$Z = R_u + \frac{1}{\left(\frac{1}{R_e} + j\omega C_e\right)} + \frac{1}{j\omega C_a}.$$

Представленные формулы расчета эквивалентных сопротивлений для обоих типов электродов служат отправной точкой для дальнейших исследований в этой области.

В контексте асинхронных нейроинтерфейсов следует отметить, что емкостные электроды являются более комфортными в использовании, потому как не требуют нанесения специального геля и прямого контакта с кожей, а значит вызывают меньше неудобств. Они демонстрируют меньшую чувствительность к движению, что особенно ценно в асинхронных системах, предназначенных для повседневного использования. Однако, одним из их существенных недостатков является высокая чувствительность к воздействиям окружающей среды, поэтому рекомендуется применение активных емкостных электродов, которые оснащены встроенным усилителем, способствующим снижению влияния шумов на итоговый сигнал [3].

Библиографический список

1. Two-Wired Active Spring-Loaded Dry Electrodes for EEG Measurements / S. Lee, Y. Shin, A. Kumar et al. // *Sensors*. – 2019. – Т. 19, No. 20. – P. 4572.
2. Dry Electrodes for Human Bioelectrical Signal Monitoring / Y. Fu, J. Zhao, Y. Dong, X. Wang // *Sensors*. – 2020. – Т. 20, No. 13. – P. 3651.
3. The Feature, Performance, and Prospect of Advanced Electrodes for Electroencephalogram / Q. Liu, L. Yang, Z. Zhang et al. // *Biosensors*. – 2023. – Т. 13, No. 1. – С. 101.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МЕТАБОЛИЗМА НЕДОНОШЕННЫХ НОВОРОЖДЕННЫХ

С. В. Фролов, А. А. Коробов, К. С. Савинова

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: korobov1991@mail.ru)

На сегодняшний день в неонатологии остается актуальным вопрос совершенствования методов управления, применяемых в неонатальных инкубаторах. Для реализации данной задачи предложена математическая модель неонатального инкубатора и системы управления его режимами с использованием нейроконтроллера, а также гидродинамический неонатальный фантом, имитирующий функции организма новорожденного [1].

Математическая модель описывает взаимодействие следующих элементов – стенки инкубатора, матрац, нагревательные элементы воздуха и воды в увлажнителе, воздушное пространство в камере инкубатора, а также процессы тепло- и массопереноса в организме младенца.

Важной особенностью модели является описание процессов обмена веществ (метаболизма) недоношенного ребенка.

Существует несколько взаимосвязанных подходов к математическому описанию базового метаболизма недоношенных детей.

Из работ [2] известна эмпирическая величина теплопродукции на объем тела новорожденного, равная 52,96 Дж/м³.

Для определения базового метаболизма новорожденного необходимо рассчитать площадь поверхности тела A по формуле Мостеллера, м²:

$$A = \frac{\sqrt{m \cdot l}}{60}, \quad (1)$$

где m – масса новорожденного, кг; l – длина тела новорожденного, м.

Исходя из уравнения (1), находим тепло, выделяемое в результате процессов метаболизма, Вт:

$$Q_m = 52,95 \cdot l \cdot A. \quad (2)$$

Известно, что головной мозг вносит основной вклад в выработку тепла у недоношенных новорожденных и составляет около 60% от общего метаболизма. Другие органы также играют важную роль в выработке тепла. Предполагается, что во внутренних органах, легких и мышцах вырабатывается соответственно 23, 11 и 6% от базового обмена веществ [2, 3].

Скорость метаболизма для отдельных органов и тканей Q_{mx} можно вывести из уравнения (2)

$$\begin{aligned} Q_{mbr} &= 0,6 \cdot Q_m, \\ Q_{mv} &= 0,23 \cdot Q_m, \\ Q_{ml} &= 0,11 \cdot Q_m, \\ Q_{mm} &= 0,06 \cdot Q_m, \end{aligned} \quad (3)$$

где Q_{mbr} , Q_{mv} , Q_{ml} , Q_{mm} – скорости метаболизма для мозга, внутренних органов, легких и мышц соответственно, Вт.

В работе [3], базирующейся на исследованиях Bussmann (1998), Holliday (1986), предполагается, что базовый обмен веществ рассчитывается на основе постнатального возраста в днях и веса младенца. Контроль температуры строится на основе принципа обратной связи для цели равновесия потери и прироста тепла.

Рассмотренные исследования позволяют с высокой точностью рассчитать метаболизм новорожденного для имитации процессов тепло- и массопереноса в организме ребенка.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-29-00763, <https://rscf.ru/project/23-29-00763/>

Библиографический список

1. Neural Network Control of Environmental Parameters in Neonatal Incubators / S. V. Frolov, A. Y. Potlov, A. A. Korobov, K. S. Savinova // Proceedings of 2023 4th International Conference on Neural Networks and Neurotechnologies, NeuroNT. – 2023. – P. 21 – 24.
2. Holliday M. A. Body Composition and Energy Needs during Growth // Holliday M. A. ; F. Falkner, J. M. Tanner (eds) // Postnatal Growth Neurobiology. – Springer, Boston, MA. – 1986. – 17 p.

3. Thermoregulation in Premature Infants: A Mathematical Model / C. B. Pereira, K. Heimann, M. Czaplik et al. // J Therm Biol. – 2016 Dec. – No. 62 (Pt B). – P. 159 – 169.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭНДОМЕТРИОИДНЫХ КИСТ НА ПЕРФУЗИОННО-МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТКАНИ ЯИЧНИКОВ

В. Ю. Крутикова¹, К. А. Закураева², М. И. Ярмолинская², Е. В. Потапова¹

¹Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, Орел, Россия
(e-mail: krutikowa@bk.ru; potapova_ev_ogu@mail.ru)

²ФГБНУ «Научно-исследовательский институт акушерства,
гинекологии и репродуктологии имени Д. О. Отта»,
Санкт-Петербург, Россия
(e-mail: kareenz@yandex.ru; m.yarmolinskaya@gmail.com)

Основную долю пациенток с эндометриоидными кистами яичников (ЭКЯ) составляют женщины репродуктивного возраста, около 40% из которых предъявляют жалобы на бесплодие [1]. Одним из факторов, влияющих на овариальный резерв, является снижение васкуляризации и кровотока в корковом слое яичников. Оптические технологии позволяют оценивать микроциркуляторные нарушения репродуктивных органов при проведении минимально инвазивных операций [2].

Целью исследования являлось – охарактеризовать состояние микроциркуляции крови и тканевого метаболизма ткани яичников с использованием методов лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) и флуоресцентной спектроскопии (ФС) у пациенток с ЭКЯ.

Измерения проводились с помощью специально адаптированной под данную задачу системы, включающей в себя диагностический комплекс «ЛАКК-М» и лапароскопический оптоволоконный зонд, вводимый в полость малого таза через инструментальный канал для регистрации сигналов ЛДФ и ФС. Экспериментальные исследования проводились на базе ФГБНУ «Научно-исследовательский институт акушерства, гинекологии и репродуктологии им. Д. О. Отта» в качестве дополнительной диагностической процедуры в рамках планового оперативного вмешательства и были одобрены этическим комитетом НИИ акушерства, гинекологии и репродуктологии им. Д. О. Отта (протокол заседания № 110 от 10 июня 2021 г.). Точкой исследования у всех

пациенток являлись ворота яичников. Пациентки были разделены на 2 группы: первая – с ЭКЯ (10 женщин), вторая – пациентки без кист (6 женщин), оперируемых по поводу метропластики.

По данным ЛДФ обнаружено, что перфузия в тканях яичников у пациентов с ЭКЯ статистически значимо ниже, чем у пациентов без кист ($4,0 \pm 1,7$ пф. ед. и $11,6 \pm 2,4$ пф. ед., соответственно; $p \leq 0,05$). Аналогичная картина наблюдается в амплитудах миогенных, дыхательных и сердечных осцилляций кровотока. Это может свидетельствовать о том, что в яичниках с ЭКЯ нарушена тканевая микроциркуляция. Наблюдаемые изменения могут быть объяснены развитием фиброза и снижением плотности капиллярной сети в корковом слое яичников женщин с кистой.

При анализе данных ФС статистически значимых различий интенсивностей флуоресценции, возбужденной на длине волны 365 нм, в двух группах не обнаружено. При этом наблюдалось статистически значимое повышение сигнала флуоресценции на длине волны 450 нм в 1-й группе относительно 2-й (390 ± 174 отн. ед. и 136 ± 20 отн. ед., соответственно; $p \leq 0,05$). Это наблюдение может быть связано со снижением ферментативной активности моноаминоксидаз типа А (МАО-А), субстратная специфичность которых зависит от многих факторов, в том числе от содержания кислорода в тканях. Ранее было выявлено повышение активности МАО-А в 1,8 раз в тканях яичников с кистами [3].

Параметры перфузионно-метаболического состояния ткани яичников, полученные при исследовании методами ЛДФ и ФС, могут стать дополнительным источником диагностической информации и лечь в основу разработки показаний к индивидуальной терапевтической стратегии ЭКЯ.

Библиографический список

1. Адамян, Л. В. Генитальный эндометриоз. Современный взгляд на проблему : монография / Л. В. Адамян, С. А. Гаспарян. – Ставрополь : СГМА, 2004. – 228 с.

2. Intraoperative Optical Diagnostics of Uterine Microcirculation During Myomectomy / E. Potapova, N. Polenov et al. // Journal of Biomedical Photonics & Engineering. – 2023. – V. 9(1). – P. 1 – 7.

3. Локальная биогенная составляющая в тканях опухоли яичников, оставленных после гистерэктомии / Е. М. Франциянц, В. А. Бандовкина и др. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 8(1). – С. 63 – 65.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ И АМПЛИТУДЫ Р-ЗУБЦА ПО ЭКГ

С. Р. Штыркова, В. В. Дубровин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: sofiashtyrkova4828@gmail.com; dubrowin.tgtu@yandex.ru)

Электрокардиограмма (ЭКГ) представляет собой запись электрических потенциалов активности сердца, снятую с одного или нескольких отведений. В нормальной 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.

По отклонениям основных зубцов: Р, Q, R, S и Т возможно определить какое именно заболевание лежит в основе сердечно-сосудистой патологии. У здорового человека в отведениях I, II, aVF – зубец Р всегда положительный, в отведениях III и aVL он может быть положительным, двухфазным или (редко) отрицательным, а в отведении aVR зубец Р всегда отрицательный. В отведениях I и II зубец Р имеет максимальную амплитуду. Продолжительность зубца Р у здорового человека не превышает 0,1 с, а его амплитуда находится в интервале 1,5...2,5 мм.

Для выделения параметров Р-зубца используется предварительная фильтрация ЭКГ-сигнала с использованием вейвлет-преобразования. В результате определяются длительность и амплитуда Р-зубца. На рисунке 1 показано определение длительности Р-зубца.

Длительность интервала Δt_p определяется по формуле:

$$\Delta t_p = t_2 - t_1, \quad (1)$$

где t_1 – начало зубца; t_2 – конец зубца Р.

По маркерам на рис. 1 видно, что $t_2 = 1,185$ с, а $t_1 = 1,105$ с. Следовательно $\Delta t_p = 1,185 - 1,105 = 0,08$.

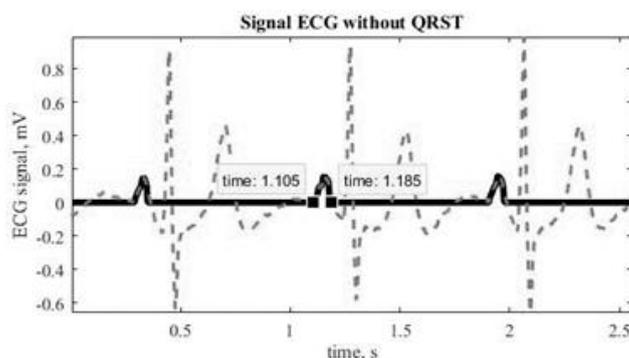


Рис. 1. ЭКГ-сигнал с выделенным Р-зубца

Для исключения случайных помех найдем среднее квадратическое отклонение s и сравним ее с продолжительностью зубца P здорового человека. Для этого определим среднее значение \bar{x} для трех пиков P -зубца по формуле:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta t_{pi}}{n}, \quad (2)$$

где Δt_{pi} – временной интервал для i -го зубца; n – количество зубцов P .

Находим выборочную дисперсию по формуле:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\Delta t_{pi})}{n}. \quad (3)$$

Сравниваем среднее квадратическое отклонение s с продолжительностью зубца P здорового человека и делаем выводы. В приведенном примере s меньше 0,1 с. Следовательно, длительность этого зубца соответствует длительности зубца здорового человека. Аналогично определяется и амплитуда зубца P .

Библиографический список

1. 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 Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – 2021. – С. 172 – 174.

2. Аветисян, А. Р. Выделение основных составляющих электрокардиосигнала при помощи дискретного вейвлет-преобразования / А. Р. Аветисян, Я. И. Шнякина, В. В. Дубровин // Цифровая трансформация в энергетике : материалы Третьей Всерос. науч. конф. – 2022. – С. 141–142.

ПРОГРАММА КЛАССИФИКАЦИИ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Г. П. Ильин, Д. Д. Окулов

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

Использование принципов машинного обучения и искусственного интеллекта в медицине стало как никогда более доступным и эффективным. Многие современные архитектуры сверточных нейронных сетей подходят для обработки и анализа большого количества визуальных данных.

Предлагаемая программа (рис. 1) является одной из ступеней системы интеллектуального анализа и диагностики медицинских изображений. Ее отличительной особенностью является высокая степень универсальности, программа может обрабатывать изображения, отличающиеся как по методу получения от различных систем визуализации (УЗИ, КТ, МРТ), так и по исследуемой области. Нужно лишь загрузить пакет коэффициентов для отдельной категории изображений (например, пакет коэффициентов для аксиальных сканов КТ головного мозга), после чего программа сможет распознавать любые подобные изображения. Пакет коэффициентов обладает относительно небольшим объемом – около 10 Мбайт – что позволяет создавать обширные библиотеки данных для работы. Программа создается на языке программирования Python, в среде разработки PyCharm.

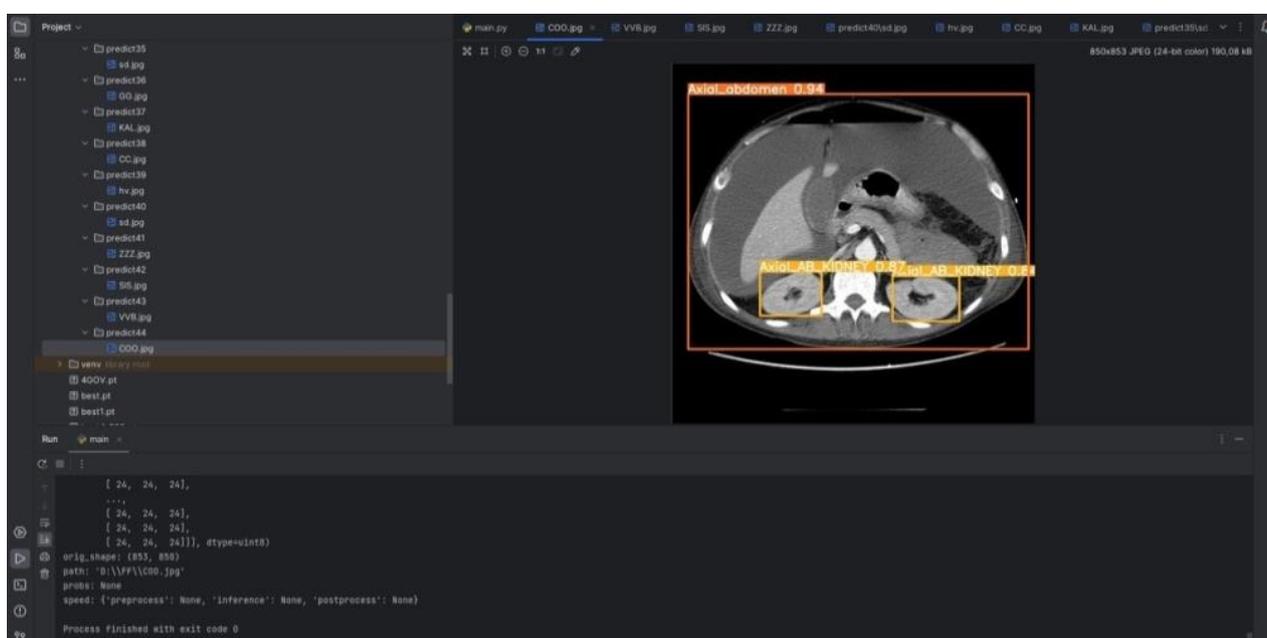


Рис. 1. Общий вид программы по классификации медицинских изображений и выделению отдельных анатомических структур

Программа основана на алгоритме YOLOv8. Ее принцип работы прост – сначала создается датасет из значительного количества изображений нужных системы визуализации и анатомической области (минимум сотни изображений для приемлемой точности). После проводится автоматизированное аннотирование изображенных структур, каждой из которых присваивается свой лейбл (аксиальный срез брюшной полости – axial_abdomen). Изображение сегментируется, на нем возможно выделение различных отдельных органов и структур. На основе этого датасета создается набор весовых коэффициентов, который

загружается в программу анализа изображений. Количество наборов коэффициентов практически ничем не ограничено.

В дальнейшем этот же принцип предполагается использовать для автоматизированной диагностики различных патологий в рамках СППВР.

Библиографический список

1. Эффективность алгоритмов машинного обучения сверточной нейронной сети для обнаружения патологических изменений на магнитнорезонансных томограммах головного мозга / Ю. Д. Агафонова, А. В. Гайдель, П. М. Зельтер, А. В. Капишников // Компьютерная оптика. – 2020. – Т. 44, № 2. – С. 266 – 273.

2. Хомидов, М. Э. Методы обработки биомедицинских сигналов и изображений / М. Э. Хомидов, Э. А. Гоипов // Universum: технические науки. – 2020. – № 8(77). – URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/10636>

3. Tomita, N. Deep neural Networks for Automatic Detection of Osteoporotic Vertebral Fractures on CT Scans[J] / N. Tomita, Y. Y. Cheung, S. Hassanpour // Computers in Biology & Medicine. – 2018. – 98 p.

4. Z. Camlica, H. Autoencoding the Retrieval Relevance of Medical Images / Z. Camlica, H. Tizhoosh, F. Khalvati // Image Processing Theory, Tools and Applications (IPTA), 2015 : International Conference. – 2015. – P. 550 – 555.

5. Densely Connected Convolutional Networks[C] / G. Huang, Z. Liu, L. V. D. Maaten et all. // CVPR, IEEE Computer Society. – 2017.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОПУНКТУРНОГО СТИМУЛЯТОРА

А. Ю. Степанова, Е. И. Новикова

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

Современный рынок медицинских аппаратов представляет небольшое количество изделий для электропунктурной терапии, большинство из которых либо не оправдано дорогие, либо имеют очень ограниченный диапазон выходного воздействия, что делает их непригодными для терапевтических целей. Все это порождает необходимость в разработке нового электропунктурного стимулятора.

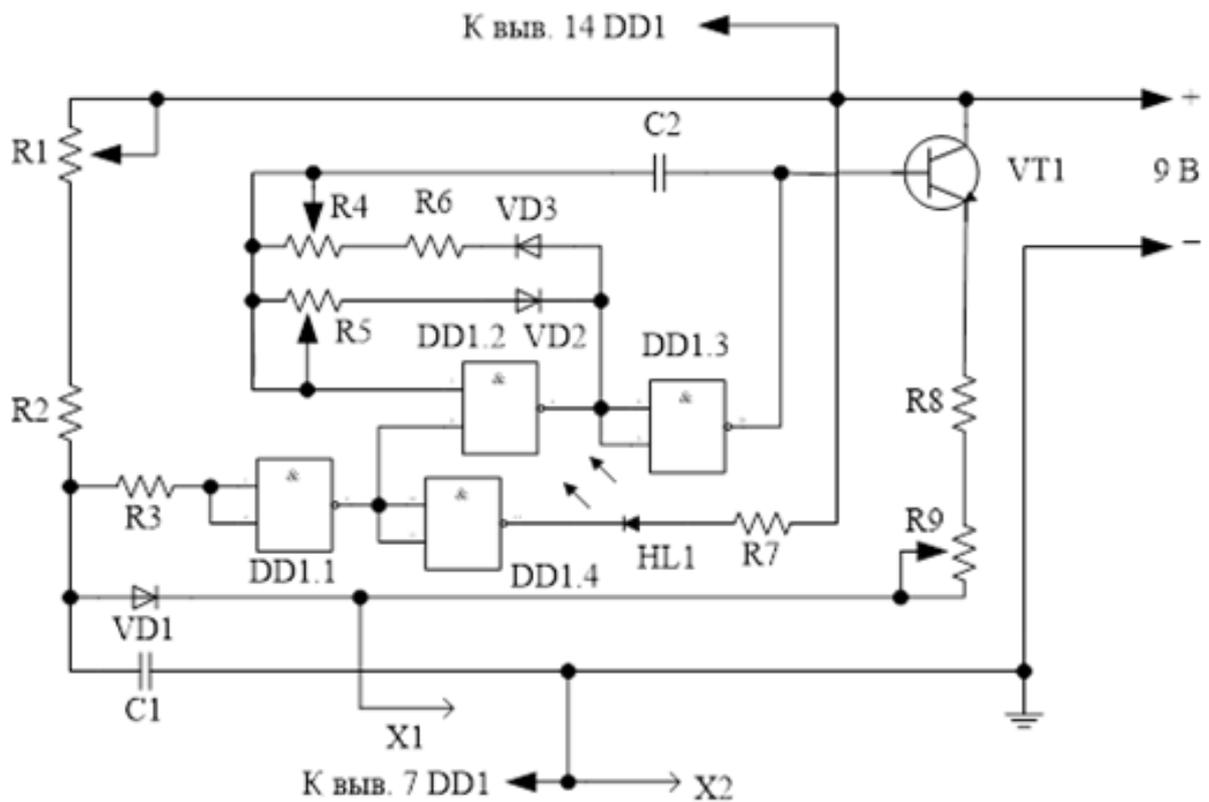


Рис. 1. Исходная электрическая схема

В качестве исходного материала была выбрана электрическая схема, приведенная на рис. 1 [1]. Представленная схема была усовершенствована с учетом современного технического уровня.

Новая элементная база резисторов и конденсаторов показана в табл. 1.

1. Элементная база резисторов и конденсаторов

Наименование	Модель	Характеристика	Допуск
R1, R4, R9	СПЗ-46М	1 МОм	
R5	СПЗ-46М	51 кОм	
R2, R3	МЛТ-0.125	0,125 Вт, 10 кОм	±2%
R6	МЛТ-0.125	0,125 Вт, 51 кОм	±2%
R7, R8	МЛТ-0.125	0,125 Вт, 750 Ом	±2%
C1, C2	К73-17	0,068 мкФ, 250 В	±10%

Новая подобранная элементная база полупроводниковых приборов и интегральных микросхем представлена в табл. 2.

2. Элементная база полупроводниковых приборов и интегральных микросхем

Наименование	Модель	Функции
VD1-VD3	КД 521 Д	Переключательная
VT1	КТ 312 Б	Переключательная
HL1	АЛ310А	–
DD1(X1-X4)	CD4011В	–

При расчете переходных характеристик при вариации параметров резисторов было выявлено следующее. С увеличением сопротивления резистора R4 увеличивается частота следования импульсов от 10 до 150 Гц. С увеличением сопротивления резистора R5 уменьшается длительность импульсов от 0,5 до 5 мс. С увеличением сопротивления резистора R9 увеличивается амплитуда импульсов от 20 до 400 мкА.

На основании базовых интенсивностей отказов элементов и значений их поправочных коэффициентов [2] были составлены математические модели определения интенсивности отказов элементов, присутствующих в схеме разрабатываемого аппарата. Значения рассчитанных интенсивностей отказов элементов (λ , 10^{-6} ч) представлены в табл. 3.

3. Интенсивности отказов элементов схемы

Позиционное обозначение	λ , 10^{-6} ч	Позиционное обозначение	λ , 10^{-6} ч
R1	0,0023625	C1	0,0027821
R2	0,0314874	C2	0,0027821
R3	0,0314874	VD1	0,00240236
R4	0,0023625	VD2	0,00240236
R5	0,0023625	VD3	0,00240236
R6	0,0314874	VT1	0,00224175
R7	0,0314874	HL1	0,0098736
R8	0,0314874	DD1 (X1-X4)	0,04971312
R9	0,0023625		

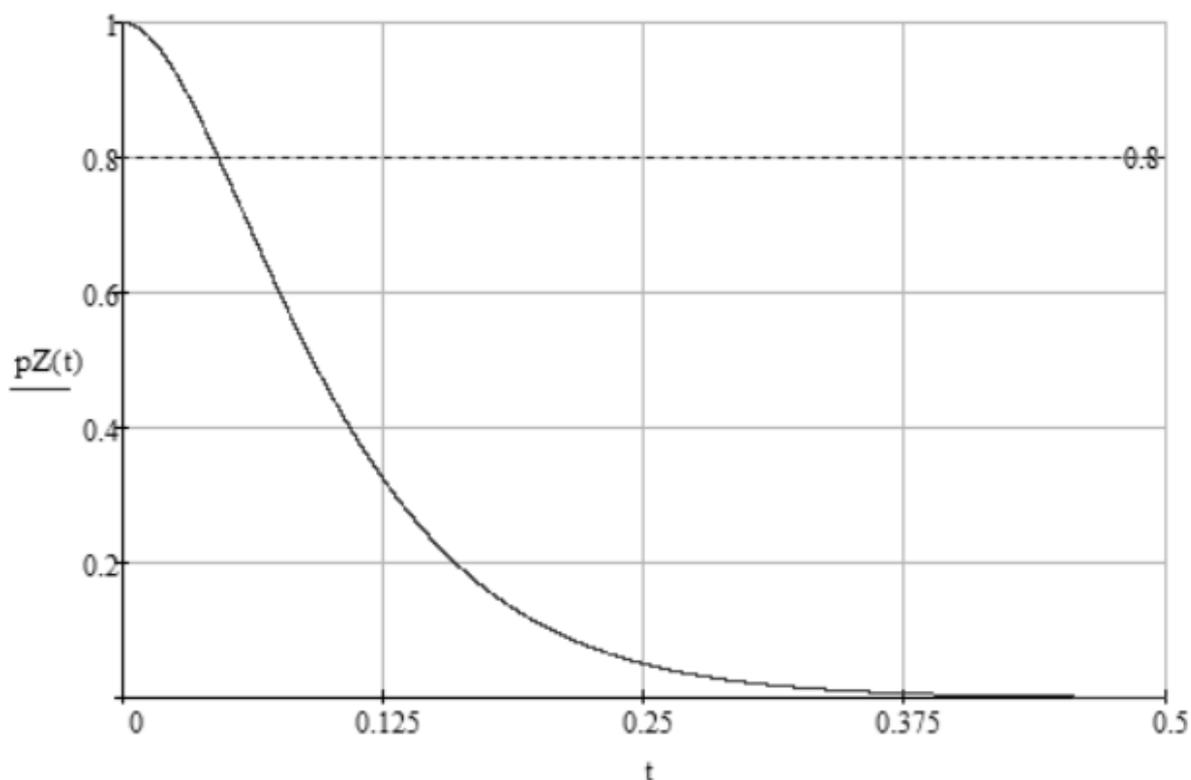


Рис. 2. График зависимости вероятности безотказной работы системы от наработки

Для анализа электрической схемы с позиции надежности необходимо упростить ее и представить в виде структурной схемы [3]. Далее следует использовать метод минимальных путей. В результате был построен график вероятности безотказной работы (pZ) от времени (наработки) t . Результат преобразования показан на рис. 2. Из рисунка видно, что с вероятностью 80% время безотказной работы прибора составляет $T\gamma = 45\ 800$ ч, что соответствует 1908 дням.

Библиографический список

1. Бородай, В. Простой электроakupнтурный стимулятор / В. Бородай // Радио. – 1998. – № 2. – С. 47.
2. Справочник нормативного характера. Надежность электрорадиоизделий. – М. : 22 ЦНИИИ МО РФ, 2006 – 641 с.
3. Боровиков, С. М. Расчет показателей надежности радиоэлектронных средств : учебно-методическое пособие / С. М. Боровиков, И. Н. Цырельчук, Ф. Д. Троян. – Минск : БГУИР, 2010 – 68 с.

УПРАВЛЕНИЕ ВДОХАМИ И ИХ СОГЛАСОВАНИЕ КАК ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЖИМА ИВЛ

Е. П. Долгов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: Toveg2@yandex.ru)

Характеристика режима ИВЛ включает в себя способ управления вдохом плюс вариант согласования вдохов. Существует только два типа вдохов спонтанный и принудительный. Соответственно, два типа вдохов – это три возможных сочетания.

1. Все вдохи принудительные – это CMV (Управляемая вентиляция легких).



Рис. 1. Управляемая вентиляция легких (CMV)

2. Все вдохи спонтанные – это CSV (Постоянная спонтанная вентиляция) или спонтанное дыхание.

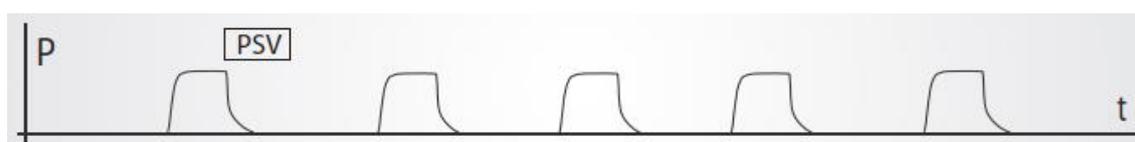


Рис. 2. Спонтанные вдохи (CSV)

3. Принудительные вдохи чередуются со спонтанными – это IMV (Периодическая принудительная вентиляция).



Рис. 3. принудительные и спонтанные вдохи (IMV)

В основе определения лежит то, как инициирован вдох и как происходит переключение с вдоха на выдох, т.е., какой триггер и какой цикл. Спонтанный вдох начат и завершен пациентом. Принудительный вдох, инициированный пациентом, в режиме CMV, называется вспомогательным. Таким образом, вспомогательный вдох – это принудительный вдох, инициированный пациентом.

Первая фаза дыхательного цикла – это триггирование (*trigger, triggering*). Программа, включающая вдох – это триггер. Сигналом для включения вдоха может быть или время, или любой из параметров мониторинга пациента, указывающий, что пациент начинает вдох. Различают разные виды триггеров.

Триггер, срабатывающий по времени, имеет два равноценных названия «*time-trigger*» и «*machine trigger*». При настройке принудительных вдохов в режимах CMV и IMV создается временная разбивка и строгое расписание, когда аппарат ИВЛ должен начинать очередной вдох. Триггирование вдоха повremени используется у релаксированных пациентов во время операции и наркоза, при глубокой седации или, когда дыхательная активность отсутствует из-за тяжести состояния пациента.

Триггер, срабатывающий в ответ на инспираторную попытку пациента, называется «*patient-trigger*». Начало вдоха аппарат ИВЛ должен почувствовать. Аппарат ИВЛ улавливает вдох пациента с помощью датчиков-сенсоров. Самый древний *patient-trigger* – это триггер, срабатывающий по давлению. Когда пациент начинает вдох, он начинает втягивать в себя воздух из дыхательного контура. Давление в дыхательном контуре падает, это падение давления регистрирует датчик. Наиболее чувствительный из широко распространенных, – это триггер, срабатывающий по потоку. В любом случае, если аппарат ИВЛ чувствует вдох пациента, включается вдох.

Стоит отметить, что в последнее время произошел резкий скачок в повышении эффективности ИВЛ [2]. Рассмотренные в статье управление вдохами и их согласование позволяют качественно и эффективно использовать ИВЛ в клинической практике.

Библиографический список

1. Полупан, А. А. Асинхронии и графика ИВЛ: руководство для врачей / А. А. Полупан, А. С. Горячев, И. А. Савин ; НИИ нейрохирургии им. академика Н. Н. Бурденко, Отделение реанимации. – М. : Аксиом Графикс Юнион, 2018. – 367 с.

УМЕНЬШЕНИЕ ШУМОВ ЭКГ-СИГНАЛА С СИНДРОМОМ ВОЛЬФА–ПАРКИНСОНА–УАЙТА

А. В. Гришина, Н. О. Сорока

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: alinkagri2002@gmail.com)

Параметры сигнала, изменяющиеся во времени в соответствии с изменениями физиологических процессов в организме человека, являются крайне информативными для задач современной диагностики. Эти параметры несут данные об изменении состояния исследуемого объекта или процесса. Фильтрация может помочь улучшить качество данных, удаляя шумы или артефакты, которые могут возникать в процессе сбора или передачи данных.

Синдром WPW – редкий врожденный порок сердца, обусловленный дополнительным путем между предсердием и желудочком. Его ЭКГ-паттерн характеризуется коротким интервалом PR, дельта-волной, широким комплексом QRS и аномальной реполяризацией желудочков.

В работе для фильтрации и анализа будет взят дискретный зашумленный электрокардиосигнал (ЭКС) с синдромом Вольфа–Паркинсона–Уайта, представленный на рис. 1.

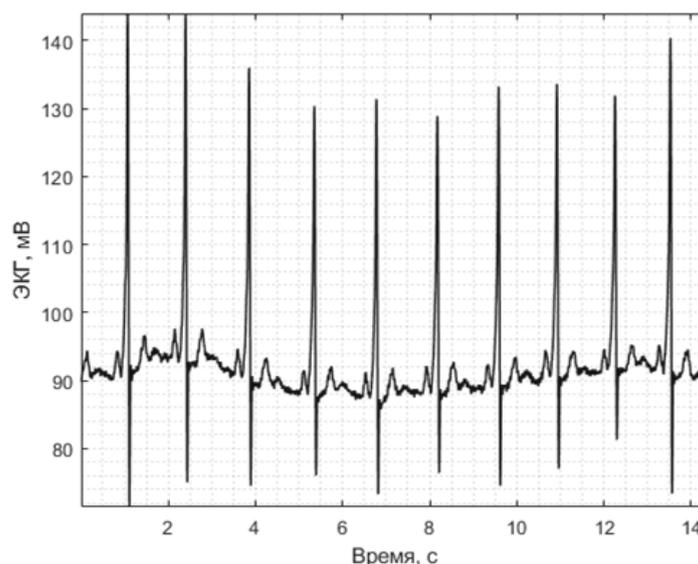


Рис. 1. Исходный ЭКС

Проводится фильтрация сигнала от низкочастотных и высокочастотных помех. Для этого переводим сигнал во временную область и используем обратное преобразование Фурье. Результат обработки в частотной области представлен на рис. 2.

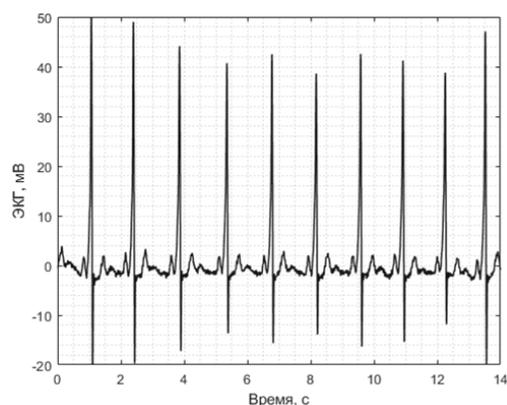


Рис. 2. ЭКС после фильтрации в частотной области

Для восстановления сигнала во временную область используется обратное преобразование Фурье, осуществляемое в среде MATLAB. Результаты применения метода компьютерной фильтрации для уменьшения шумов ЭКС представлены на рис. 3.

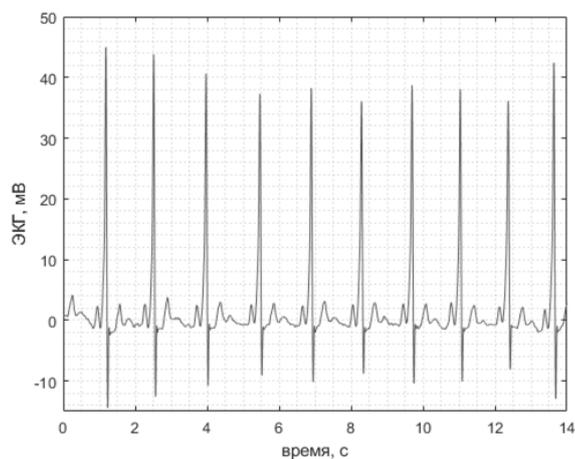


Рис. 3. Результат применения фильтрации для уменьшения шумов ЭКС

Исследования по уменьшению шумов ЭКГ-сигнала в будущем могут стать важным аспектом исследований в области создания перспективных методов диагностики сердечно-сосудистой системы [1, 2].

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).

2. Модель сердечно-сосудистой системы с регуляцией на основе нейронной сети / С. В. Фролов, А. А. Коробов, Д. Ш. Газизова, А. Ю. Потлов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2021. – № 2.

ФИЛЬТРАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ЧАСТОТНОЙ ОБЛАСТИ

Н. О. Сорока, А. В. Гришина

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: rus68-00@mail.ru)

Методы обработки изображений в частотной области применяются для выделения характерных признаков изображения; фильтрации изображений; кодирования (сжатия) или сокращения размерности при выполнении вычислений (ширина спектра уменьшается за счет отбрасывания или грубого квантования малых по значению коэффициентов преобразования).

Частотные фильтры изменяют значения яркостей пикселей относительно периодичности и пространственного распределения изменений яркости на изображении. Высокочастотные фильтры (фильтры высоких частот, ФВЧ) обеспечивают выделение областей резких изменений на изображении, которые соответствуют острым краям, деталям и шуму. Низкочастотные фильтры (фильтры низких частот, ФНЧ) обеспечивают усиление областей постепенных изменений на изображении, фона.

Основными видами используемых фильтров являются: низкочастотный фильтр, ослабляющий высокие частоты, одновременно пропуская низкие; высокочастотный фильтр, обладающий противоположными свойствами. Низкие частоты Фурье-преобразования отвечают за возникновение превалирующих значений яркости на гладких участках изображения, в то время как высокие частоты отвечают преимущественно за контуры и шум. После применения низкочастотной фильтрации изображение, по сравнению с исходным изображением, содержит меньше резких деталей. После применения высокочастотной фильтрации на изображении уменьшаются изменения яркости в пределах больших гладких областей и выделяются переходные зоны быстрого изменения яркости, т.е. контуры изображения. Как правило, такое изображение обладает большей резкостью по сравнению с исходным.

Частотная область цифрового изображения представляет собой не что иное, как пространство, в котором принимают значения переменные (u , v) Фурье-преобразования. Как известно, частота сигнала прямо связана со скоростью изменения сигнала, поэтому интуитивно понятно, что частоты в Фурье-преобразовании связаны с вариацией яркости на изображении. Наиболее медленно меняющаяся (постоянная) частотная составляющая ($u = 0$, $v = 0$) совпадает со средней яркостью изображения. Низкие частоты, соответствующие точкам вблизи начала координат Фурье-преобразования, определяют медленно

меняющиеся компоненты изображения. По мере удаления от начала координат более высокие частоты начинают соответствовать все более и более быстрым изменениям яркости, представляющим собой границы объектов и другие детали изображения, характеризующиеся резкими изменениями яркости, например, шум на изображении.

Детали и острые края на изображении отражают значительные изменения яркости на коротких расстояниях и связаны с высокими пространственными частотами. Плавные изменения яркости связаны с низкими пространственными частотами.

Частотные фильтры оперируют с частотным представлением изображения, которое чаще всего получают с помощью прямого быстрого преобразования Фурье (БПФ). При выполнении частотной фильтрации пространственные частоты, видимые на изображении, преобразованном с помощью БПФ, отбрасываются в соответствии с выбранным методом, а затем отфильтрованное изображение восстанавливается в пространственном представлении с помощью обратного БПФ.

Основной целью применения фильтрации с усилением высоких частот в задачах обработки биомедицинских изображений является повышение резкости рентгенографических изображений, а также перспективные методы и средства диагностики и исследования в области создания медицинских фантомов [1, 2].

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. 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).

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВИ ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ КОГНИТИВНОГО ТЕСТА МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ ДОПЛЕРОВСКОЙ ФЛОУМЕТРИИ

В. Е. Паршакова, Ю. И. Локтионова, Е. В. Жарких, А. В. Дунаев

Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, Орел, Россия
(e-mail: v.parshakova@oreluniver.ru)

Введение. Система микроциркуляции крови является первым индикатором изменений в организме человека. Анализ параметров периферического кровотока позволяет оценить общее функциональное состояние организма [1]. После серьезных заболеваний, таких как COVID-19, а также при наличии сопутствующих патологий, у пациентов могут наблюдаться нарушения в микроциркуляции и снижение концентрации внимания. Метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) позволяет неинвазивно оценить состояние системы микроциркуляции крови (МЦК), а с помощью когнитивных тестов можно оценить умственную способность и реакцию внимания. Цель данного исследования заключается в оценке влияния когнитивного теста на изменение параметров системы МЦК, измеренных с помощью метода ЛДФ, реализованного в носимых анализаторах.

Основная часть. В экспериментальных исследованиях приняли участие 50 добровольцев, испытывающих симптомы постковидного синдрома. Все волонтеры были разделены на две группы: 12 волонтеров без сопутствующих хронических неинфекционных заболеваний (группа I) в возрасте 45 ± 25 лет и 38 волонтеров с наличием хронических неинфекционных заболеваний (группа II) в возрасте 49 ± 25 лет. Измерение включало в себя три этапа и проводилось в положении сидя. Первый этап – запись базового теста (БТ) в течение 10 мин, второй этап – запись параметров во время когнитивного теста (КТ), с учетом индивидуального времени, затраченного на проведение КТ, третий этап – регистрация восстановления параметров МЦК после КТ в течение 3 мин. КТ состоял из 6 числовых таблиц Шульте, которые было необходимо заполнять с учетом времени прохождения теста. Методика Шульте направлена на изучение сенсомоторной реакции и свойств направления внимания [2]. Параметры МЦК регистрировались в области кожи лба. Для проведения экспериментальных исследований применялись 2 носимых анализатора «ЛАЗМА ПФ» (ООО НПП «ЛАЗМА», Москва), реализующих метод ЛДФ.

Исследования показали, что во время КТ отмечается статистически значимый рост ПМ в двух группах, но в группе I увеличение составило 47%

от начального уровня ($20,1 \pm 7,8$ пф. ед), а во второй – 32% ($17,8 \pm 5,3$ пф. ед.). Данное увеличение может быть связано с увеличением когнитивной нагрузки, но у группы II отмечается снижение перфузии кожи головы в покое и меньший прирост этого параметра при проведении КТ. Анализ показателей нутритивного кровотока ($M_{\text{нутр}}$) показал, что в группе I во время БТ $M_{\text{нутр}}$ соответствовал значению $6,4 \pm 4,8$ пф. ед., а во время КТ увеличился до $11,2 \pm 6,5$ пф. ед., в группе II значения составили $5,0 \pm 4,2$ пф. ед. и $7,8 \pm 4,3$ пф. ед., соответственно. Увеличение $M_{\text{нутр}}$ во время когнитивной нагрузки характеризует увеличение поступления кислорода и питательных веществ к клеткам мозга. Амплитуды активных колебаний: эндотелиальных ($A_{\text{э}}$), нейрогенных ($A_{\text{н}}$), миогенных ($A_{\text{м}}$) статистически значимо увеличиваются во время КТ в двух группах. Увеличение амплитуд активных колебаний в группе I во время КТ составило 74% от показаний во время БТ, в группе II – 24%. Данные изменения свидетельствуют о снижении тонуса сосудов и развитии процессов вазодилатации при когнитивной нагрузке, но из-за негативного влияния сопутствующих заболеваний на микроциркуляцию крови в группе II изменения $A_{\text{э}}$, $A_{\text{н}}$, $A_{\text{м}}$ составили на 50% меньше, чем в группе I.

Выводы. Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что наличие хронических неинфекционных заболеваний снижает интенсивность реакции микроциркуляторного кровотока в области кожи лба при когнитивных нагрузках.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках проекта № 23-25-00522.

Библиографический список

1. Крупаткин, А. И. Функциональная диагностика состояния микроциркуляторно-тканевых систем: Колебания, информация, нелинейность. Руководство для врачей / А. И. Крупаткин, В. В. Сидоров. – Изд. 2-е. – М. : ЛЕНАНД, 2016. – 496 с.
2. Рубинштейн, С. Я. Экспериментальные методики патопсихологии и опыт применения их в клинике: Практическое руководство / С. Я. Рубинштейн. – М. : Медицина, 1970. – 215 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОИМПЕДАНСА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПЛОЩАДИ ЭЛЕКТРОДОВ

К. В. Подмастерьев, А. В. Жидков, Д. В. Денисов

Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, Орел, Россия
(e-mail: 4567426@mail.ru)

Тромбоз – это образование сгустка крови (тромба) внутри кровеносных сосудов, ограничивающий поток крови [1].

Решением при диагностировании нарушений скорости кровотока является применение электроплетизмографического метода, который основан на исследовании кровенаполнения рассматриваемого участка тела, путем воздействия на него переменным током высокой частоты [2].

Для моделирования определены структуры тканей в области шеи, такие как кожа, мышцы, фасции и т.д. Также с помощью ультразвукового (УЗ) метода исследования найдены толщины этих анатомических структур.

Составные структуры области шеи представлены на рис. 1.

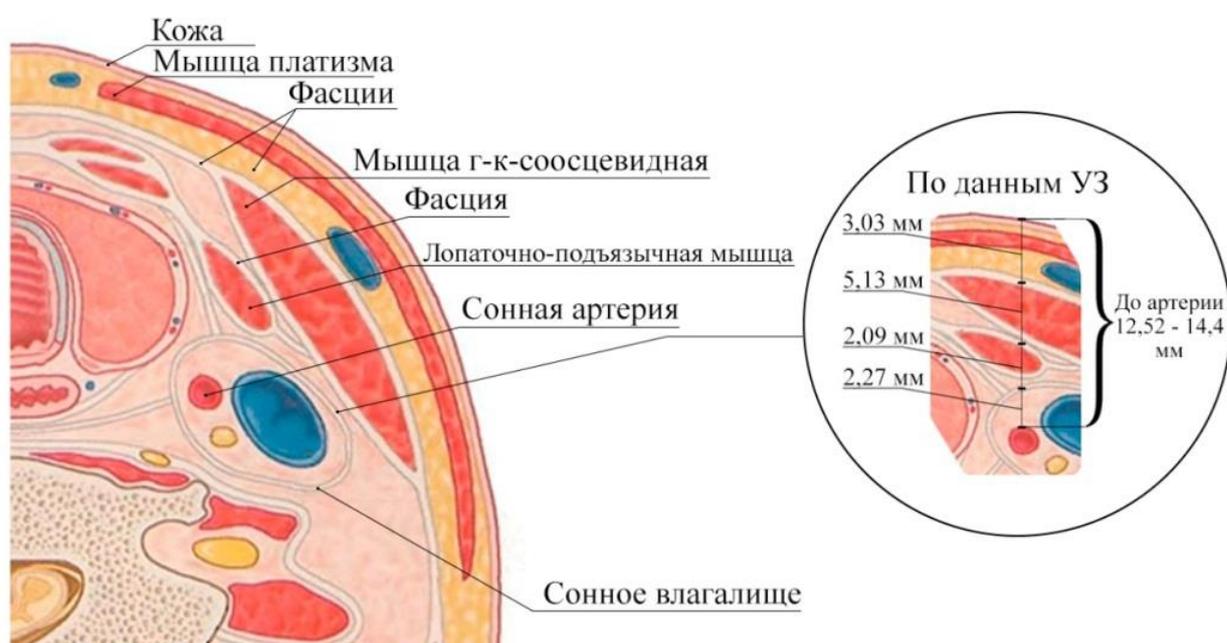


Рис. 1. Составные структуры области шеи

В качестве имитации области шеи выступает трехмерная модель в программной среде Comsol Multiphysics. Модель имеет анатомические слои шеи, которым присвоены параметры в соответствии с их физико-электрическими характеристиками. Сама модель представлена на рис. 2.

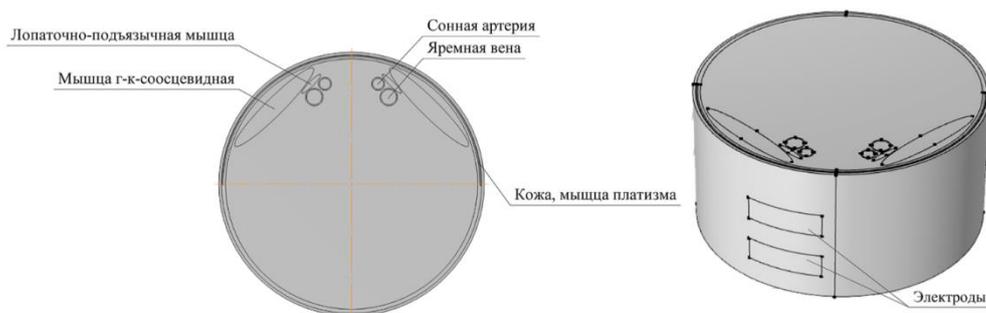


Рис. 2. Трехмерная модель шеи

Для математического моделирования использовался модуль AC/DC программной среды Comsol Multiphysics,

Исследовалась зависимость импеданса от трех площадей электродов: 314, 942 и 3770 мм², соответственно (рис. 3).

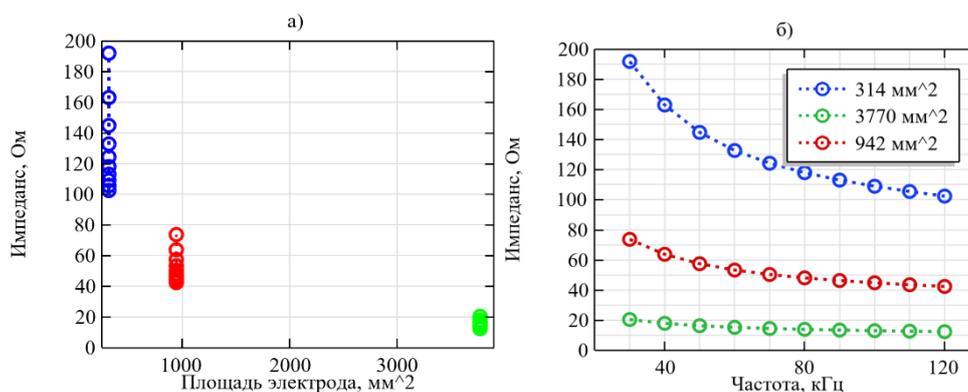


Рис. 3. Зависимости:

а – импеданса при различной воздействующей частоте от площадей электродов;

б – импеданса от воздействующей частоты

Анализ (рис. 3) показал, что для электродов площадью 314 мм² импеданс изменяется от 100 до 200 Ом в зависимости от частоты; для 942 мм² – от 40 до 75 Ом, 3770 мм² – от 20 до 15 Ом. Оптимальный выбор размера электрода имеет ключевое значение для получения сигнала с минимальными помехами и обеспечения мониторинга параметров кровенаполнения в разрабатываемом устройстве измерения кровенаполнения тканей.

Библиографический список

1. Damilola, Ashorobi. Thrombosis / Damilola Ashorobi, Muhammad Atif Ameer, Roberto Fernandez. – 2023. – P. 11.
2. Илясов, Л. В. Биомедицинская измерительная техника : учебное пособие для вузов / Л. В. Илясов. – 2-е изд. – М. : Юрайт, 2020. – 329 с.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ПАРОВЫХ СТЕРИЛИЗАТОРОВ

С. И. Юрлов

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

Стабильное функционирование стерилизационного оборудования в медицинских учреждениях имеет критическое значение для предотвращения распространения инфекций, обеспечения безопасности пациентов и персонала, а также обеспечения качества оказываемых медицинских услуг.

Техническое обслуживание стерилизационного оборудования играет ключевую роль в поддержании его работоспособности, надежности и эффективности.

Современные стерилизаторы и автоклавы представляют собой сложные технические устройства, которые самостоятельно контролируют и поддерживают следующие параметры: температура внутри стерилизационной камеры, давление внутри парогенератора и стерилизационной камеры, влажность, время циклов. Контроль всех этих параметров обеспечивает эффективную стерилизацию предметов.

Паровые стерилизаторы требуют систематического технического обслуживания и регулярных проверок для предотвращения отказов и обеспечения правильной стерилизации медицинского инструмента и оборудования.

Для повышения надежности работы паровых стерилизаторов предлагается внедрить систему контроля и диагностики состояния стерилизатора, которая продлит срок службы медицинского аппарата и облегчит его техническое обслуживание.

Система собирает и обрабатывает данные с датчиков стерилизатора и выводит их на экран, позволяя инженеру определить причину неисправности без проверки узлов аппарата.

Данные собираются с датчиков температуры и давления в парогенераторе, температуры и давления в стерилизационной камере, датчиков уровня воды.

Дополнительно система контроля и диагностики стерилизатора имеет собственные датчики, которые показывают давление воды на входе в парогенератор, наличие напряжения на теплоэлектронагревателях.

Библиографический список

1. Фролов, С. В. Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. – С. 112 – 117.
2. Строев, В. М. Проектирование измерительных медицинских приборов с микропроцессорным управлением : учебное пособие / В. М. Строев, А. Ю. Куликов, С. В. Фролов. – Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2012.
3. Методы и приборы функциональной диагностики : учебное пособие / С. В. Фролов, В. М. Строев, А. В. Горбунов, В. А. Трофимов. – Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2008.
4. Мороз, Б. Т. Особенности дезинфекции и стерилизации в амбулаторной стоматологии: практическое руководство / Б. Т. Мороз, О. В. Мироненко. – СПб. : Человек, 2008. – 128 с.
5. Зилов, В. Г. Элементы информационной биологии и медицины / В. Г. Зилов, К. В. Судаков, О. И. Эпштейн. – М. : МГУЛ, 2000. – 248 с.
6. Поляков, А. О. Введение в основы информационной медицины : учебное пособие / А. О. Поляков. – СПб. : Изд-во СПбГПУ, 2005 – 150 с.
7. Беликов, А. П. Стерилизация медицинских изделий : методические рекомендации / А. П. Поляков. – М. : Медицина, 2010.
8. Билибин, К. И. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры : учебник / К. И. Билибин, В. А. Шахнов. – 2005.

НЕИНВАЗИВНЫЙ ГЛЮКОМЕТР

Д. И. Трушин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: pootoutlook@mail.ru)

Ученые доказали, что при употреблении продуктов, содержащих большое количество углеводов, – повышается уровень сахара в крови, поэтому пациентам, у которых был сахарный диабет стоило воздержаться от этих продуктов. Самым ранним методом контроля эффективности таких ограничений являлся метод определения количества сахара в моче с помощью реактива Бенедикта. В состав раствора входит лимонная кислота, сульфат меди и карбонат натрия. Пациент должен был добавить 8 капель мочи к 5 мл раствора в пробирку

и вскипятить над открытым огнем примерно 2 мин. В результате этого глюкоза, содержащаяся в моче, окислялась, из-за чего снижалась интенсивность голубого цвета сульфата меди, цвет раствора изменялся на зеленый, красный или желтый, и выпадал окрашенный осадок. Цвет и осадок являлись индикаторами уровня глюкозы мочи. Чистый голубой цвет и отсутствие осадка указывало на отсутствие глюкозы, в то время как изменение цвета – от зеленого с желтым осадком до насыщенного оранжевого или красного – напрямую зависело от количества сахара в моче.

После открытия инсулина в 1921 году, измерение глюкозы стало еще популярнее, и в дальнейшем использовалось в лечении СД. В 1941 году Волтер Комптон и Мариес Тренир изобрели первый химический тест с сухим реактивом в виде таблеток-реагентов. До этого момента использовалась таблетка, которая была по составу такая же, как и реактив Бенедикта, но с добавлением гидроксида натрия, чтобы она была в сухой форме. Таблетка опускалась в небольшое количество мочи, и запускалась мгновенная реакция, при которой выделялось большое количество тепла, что хватало для закипания раствора. Глюкоза окислялась в моче, а насыщенность голубого цвета сульфата меди снижалась, что приводило к изменению цвета раствора – от голубого к зеленому до желтого и оранжевого. После этого, результат можно было оценить, сравнив цвет раствора с цветом на эталонной шкале.

Одним из главных недостатков инвазивных и частично-инвазивных глюкометров является получаемый дискомфорт при повреждении мягких тканей для сбора биологических жидкостей пациентом. Неинвазивные глюкометры решают данную проблему. На данный момент уже выпущено большое количество неинвазивных анализаторов, однако они все имели большую погрешность измерения по сравнению с инвазивными. Данная проблема актуальна по сей день. Это происходит из-за методов, которые используются в данных глюкометрах.

Самым популярным и более достоверным является метод оптической инфракрасной спектроскопии. Данный метод основан на поглощении некоторыми атомами в ИК-диапазоне. Поглощение связано с возбуждением молекулярных колебаний квантами инфракрасного света. При облучении молекулы инфракрасным излучением поглощаются только те кванты, частоты которых соответствуют частотам валентных, деформационных и вибрационных колебаний молекул. На разных длинах волн разные вещества, содержащиеся в тканях, ведут себя по-разному, поэтому они влияют на точность измерения глюкозы.

Глюкоза улавливается только на маленькой глубине ткани (не более 100 мм), чем тоньше ткань, тем выше сигнал она пропускает. Поэтому прибор устанавливают на палец или мочку уха.

Библиографический список

1. Мезенцева, М. А. Неинвазивные методы измерения сахара в крови [Электронный ресурс] / М. А. Мезенцева, Т. А. Букрина // Информационно-измерительная техника и технологии : материалы VI науч.-практ. конф. с междунар. участием, Томск, 27 – 30 мая 2015 г. – Томск : ТПУ, 2015. – С. 74 – 82.

2. Мезенцева, М. А. Методы передачи данных с глюкометра на ПК [Электронный ресурс] / М. А. Мезенцева, Т. А. Букрина, Е. В. Юрченко // Проблемы информатизации региона. ПИР-2015 : материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф., Красноярск, 17 – 19 ноября 2015 г. – С. 150 – 155.

3. Мезенцева, М. А. Методы контроля глюкозы в биологических жидкостях. [Электронный ресурс] / М. А. Мезенцева // Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность : материалы VI Всерос. науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых, 23 – 27 мая 2016 г. – Томск : ТПУ, 2016.

ДЕКОМПОЗИЦИЯ И ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦИФРОВОГО ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА

М. Абделькарим, В. О. Черешнев, С. Г. Проскурин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: spros@tamb.ru)

Современный этап развития информационных технологий характеризуется массовым применением систем, использующих различные алгоритмы обработки, анализа и интерпретации дискретных электрокардиосигналов (ЭКС). Классический подход в электрокардиологии состоит в использовании различных методик анализа временных зависимостей амплитуды кардиосигнала: стандартное ЭКГ-измерение – измерение частоты сердечных сокращений, деполяризация реполяризации и т.д. Однако, существующие методы анализа в спектральной области не всегда достаточны для описания всех особенностей ЭКГ-сигналов и не позволяют в полной мере выявить его характерные черты [1].

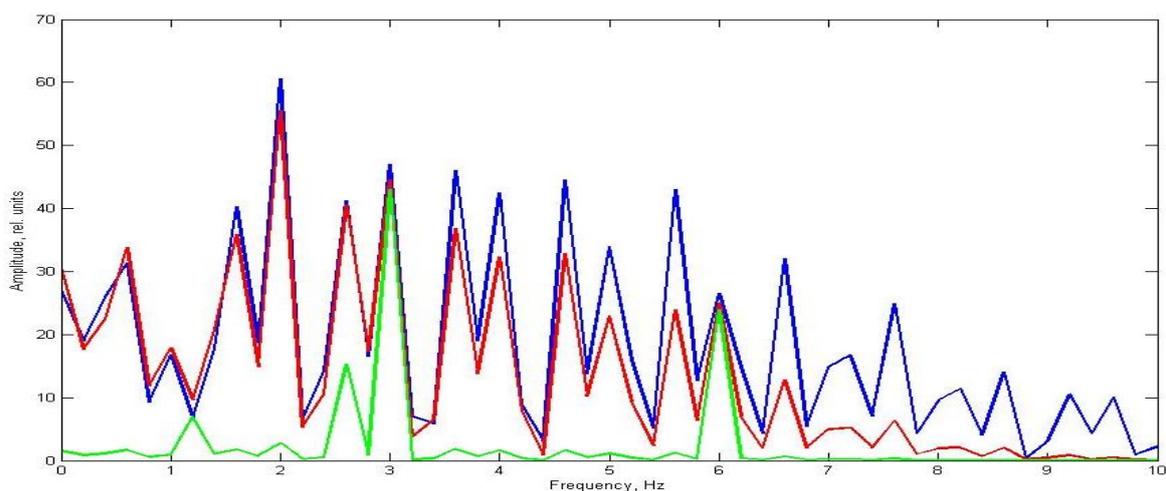


Рис. 1. Спектры электрокардиосигнала:

синим цветом показан спектр исходного сигнала; красным – сигнал после фильтрации; зеленым – сигнал со сглаженными QRS-комплексами

В данной работе определяются гармонические составляющие и частотные характеристики ЭКС после предварительной декомпозиции во временной области. Разделяются комплексы QRS и плавно меняющиеся P- и T-волны.

Отметим, что после фильтрации ЭКС количество гармонических составляющих сигналов стандартной ЭКГ-системы уменьшилось с 20 до 11. Девять гармоник рассматривались как паразитные. После декомпозиции сигнала во временной области были выявлены две частоты, соответствующие зубцам P и T, также выделены две области спектра, соответствующие QRS-комплексу (дельта функция).

Удалось показать, что в спектре полученного сигнала присутствуют две ярко выраженные гармоники с частотами: $\omega_1 = 3,12$ Гц и $\omega_2 = 6,21$ Гц. Можно предположить, что на кардиограмме ω_1 соответствует P-волне (предсердия), а ω_2 – T-волне (расслабление желудочков). Также, отношение амплитуд зубцов P и T на исходном сигнале и результатах спектрального анализа равны, что может говорить об адекватности полученных результатов, соответствующих зубцам P и T. Важно отметить, что частоты гармоники спектра отличаются в два раза. Подобное отношение было получено ранее и для немышечной подвижности у простейших организмов [2].

Полученный результат позволяет предположить, что импульсы, отвечающие за деполяризацию предсердий и реполяризацию желудочков, генерируемые пейсмекерными клетками в синусовом узле предсердия, имеют разную природу и не связаны друг с другом. Однако зубцам P и T соответствуют по одной гармонике, следовательно, процессы, соответствующие зубцам, можно описать двумя гармоническими составляющими.

QRS-комплекс с короткими характерными временами (передний и задний фронт ~ 20...30 мс) целесообразно рассматривать, используя вейвлет-преобразование и использовать для определения частоты пульса. Оценка средней частоты и стандартного отклонения при вариабельности R-R интервала во временной области позволяет количественно определить степень нестабильности сердечного ритма. Это позволит определить положительное, отрицательное и нейтральное влияние терапии при нестабильном синусовом ритме – аритмии.

Библиографический список

1. Proskurin, S. G. Trigeminy Electrocardiogram Spectral Characteristics Study / S. G. Proskurin // *Cardiometry*. – 2023. – No. 27. – P. 75 – 79.
2. Проскурин, С. Г. Спектральный анализ автоколебательной подвижности в изолированном тяжёлом плазмодии *Physarum polycephalum* / С. Г. Проскурин, Т. И. Авсиевич // *Биофизика*. 2014. – Т. 59, Вып. 6. – С. 1143 – 1150.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

А. А. Поликарпов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: Hejh47122@icloud.com)

Сердечно-сосудистая система выполняет важные функции в организме, такие как перекачивание крови и поддержание ее циркуляции. Регуляция этой системы необходима для поддержания оптимального уровня давления и обеспечения адекватного кровотока к органам и тканям. Моделирование процессов регуляции сердечно-сосудистой системы позволяет изучать и понимать причины возникновения различных заболеваний и разрабатывать методы и стратегии их предотвращения и лечения.

Одной из основных тем моделирования регуляции сердечно-сосудистой системы является изучение механизмов, ответственных за поддержание артериального давления на оптимальном уровне. Нормальное артериальное давление обеспечивает нормальную циркуляцию крови и предотвращает возникновение

опасных состояний, таких как гипертония или гипотония. Понимание механизмов регуляции артериального давления основано на моделировании активации барорефлекса, симпатической нервной системы и механизмов секреции гормонов.

Один из подходов к моделированию регуляции сердечно-сосудистой системы основан на использовании математических моделей. Математические модели позволяют описывать и предсказывать поведение системы в ответ на различные факторы. Например, моделирование может показать, как изменение уровня активации симпатической нервной системы влияет на изменение артериального давления. Такие модели также могут быть использованы для определения оптимальных значений лекарственных препаратов, которые могут корректировать давление. Еще одним подходом к моделированию является физическое моделирование. В этом случае создается физическая модель сердечно-сосудистой системы, которая проигрывает процессы, происходящие в реальном организме. Такие модели позволяют исследовать взаимодействия различных компонентов системы, таких как сердце, сосуды и нервная система, и выявить возможные нарушения их работы.

Моделирование процессов регуляции сердечно-сосудистой системы имеет огромное значение для медицинских исследований и разработки. Позволяя изучить различные факторы, влияющие на сердечно-сосудистую систему, и предсказать их последствия, моделирование может помочь разработать новые методы лечения и предотвращения сердечно-сосудистых заболеваний. Это важный инструмент для повышения качества жизни людей и сохранения их здоровья.

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).
2. Модель сердечно-сосудистой системы с регуляцией / С. В. Фролов, А. А. Коробов, Д. Ш. Газизова, А. Ю. Потлов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2021. – № 2.

СПЕКЛЫ СТРУКТУРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ СОСУДОВ В ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ

Ф. Тавила, В. О. Черешнев, С. Г. Проскурин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: spros@tamb.ru)

При помощи алгоритма оптимизации гистограммы спеклов ОКТ-изображений были аппроксимированы различными функциями распределений, наилучший результат продемонстрировало бета-распределение при значении коэффициента детерминации $R^2 \sim 0,95$. Это является количественной оценкой гетерогенности тканей, демонстрирующей существенные различия в значениях параметров формы и масштаба, соответствующих полученным параметрам бета-распределения, которые составили $\alpha \sim 1,7$, $\beta \sim 20,5$ для области свободного пространства, $\alpha \sim 3,1$, $\beta \sim 5,5$ для области стенки гидродинамического фантома, $\alpha \sim 2,6$, $\beta \sim 1,7$ для области потока рассеивателей в жидкости.

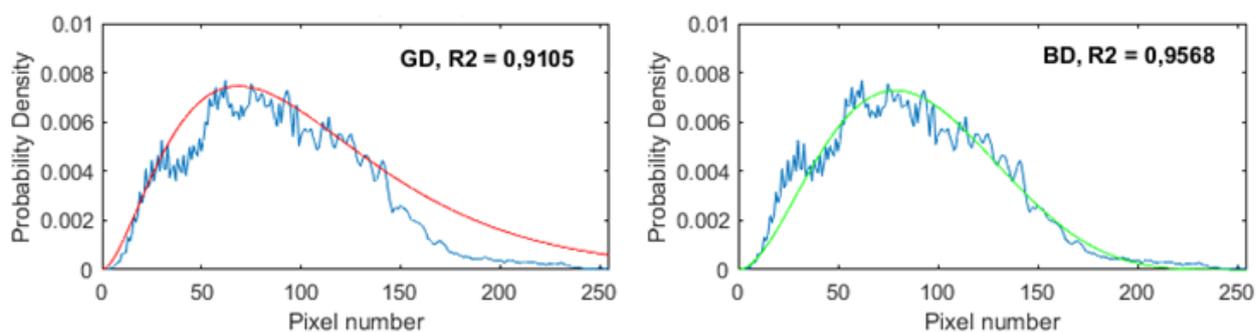


Рис. 1. Гистограммы интенсивностей спеклов, аппроксимированные функциями гамма (GD, $R^2 = 0,911$) и бета (BD, $R^2 = 0,957$) распределений

Аппроксимация гистограмм различными функциями распределения показала, что распределение спеклов в ОКТ-изображениях биологической ткани в большей степени соответствует правильной форме бета-распределения, в то время как сравнение с функцией гамма-распределения [1, 2] демонстрирует худший результат, $R^2 \sim 0,85$. Полученные гистограммы и соответствующие распределения представлены на рис. 1.

Гистограммы усреднены и аппроксимированы с использованием метода наименьших квадратов с различными функциями, в частности, гамма-распределением, уже демонстрирующей эффективность в дифференциации различных структур, являющееся обобщением распределения χ^2 (1), экспоненциального распределения (2) и бета-распределения (3):

$$\chi_n^2(x) = \frac{\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{a}{2}}}{\Gamma\left(\frac{a}{2}\right)} x^{\frac{a}{2}-1} e^{-\frac{x}{2}}, \quad (1)$$

где n – число степеней свободы: $x = \sum_{i=1}^n X_n^2$,

$$f(x, \alpha, \beta) = x^{\alpha-1} \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \beta^\alpha e^{-\beta x}, \quad (2)$$

Γ – гамма функция: $\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty x^{\alpha-1} e^{-x} dx$.

И также бета-распределение:

$$f(x, a, \beta, A, B) = \frac{1}{B-A} \frac{\Gamma(a+\beta)}{\Gamma(a)\Gamma(\beta)} \left(\frac{x-A}{B-A}\right)^{a-1} \left(\frac{B-x}{B-A}\right)^{\beta-1}, \quad A \leq x \leq B. \quad (3)$$

Параметры α , β известны как параметры формы и масштаба, соответственно. A , B являются левой и правой границей изменения x . Построение матрицы дисперсий ОКТ-изображений позволяет эффективно выделять различные типы структур и построения структурных изображений.

Библиографический список

1. Speckle Statistics in OCT Images: Monte Carlo Simulations and Experimental Studies / M. Y. Kirillin, E. A. Sergeeva, A. Vitkin et al. / Optics Letters. – 2014. – No. 39. – P. 3472 – 3475.
2. Chereshev, V. O. Speckle Images of the Vessels and Hydrodynamic Phantoms in Optical Coherence Tomography / V. O. Chereshev, S. G. Proskurin // Cardiometry. – 2023. – No. 28. – P. 40 – 46.

РОБОТОТЕХНИКА В МЕДИЦИНЕ. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ РОБОТЫ

И. В. Щеголев

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

Вспомогательные медицинские роботы – это роботы, предназначенные для реабилитации пациентов после операций или активной фазы заболевания. Первые действительно роботизированные устройства для реабилитации рабо-

тали по принципу непрерывного пассивного движения: это когда часть тела пациента перемещается, пока он отдыхает. Действие современных реабилитационных роботов связано с понятием нейропластичности мозга и направлено на ее поддержание. Так, они помогают выполнять упражнения на восстановление подвижности рук и ног, перемещая их, что позволяет создавать неврологические пути для работы мышц.

Современные реабилитационные роботизированные конструкции делятся на два вида: терапевтический робот, который помогает пациентам выполнять упражнения (например, экзоскелет), и вспомогательный робот-протез, который заменяет потерянные конечности. Стоит упомянуть и об интеллектуальных инвалидных колясках, способных управлять центром тяжести при спусках и подъемах по лестнице.

Экзоскелеты – это механическая конструкция, которую надевают на человека, чтобы частично вернуть ему подвижность или ускорить восстановление после травм и операций. Такой прибор напоминает робокостюм [1].

Экзоскелеты (рис. 1) используются в реабилитации после травм спинного мозга и инсультов. Например, датчики экзоскелета *Hybrid Assistive Limb (HAL)*, расположенные на коже, регистрируют небольшие электрические сигналы в теле пациента, и костюм реагирует движением в суставе [2].

Роботизированные протезы (рис. 2) – это протезы с роботизированными возможностями разработаны для восстановления функций утраченных конечностей. Они предназначены для постоянного ношения людьми с ограниченной мобильностью, без рук, ног, кистей [3].



Рис. 1. Обзор экзоскелета



Рис. 2. Обзор роботизированного протеза

Нейромышечно-скелетные протезы крепятся к кости и управляются с помощью двунаправленных интерфейсов, подключенных к нервно-мышечной системе человека с помощью электродов, имплантированных в нервы и мышцы. В итоге роботизированная конечность приводится в движение силой мысли.

Библиографический список

1. ЭкзоАтлет – экзоскелеты для медицинской и социальной реабилитации // exoatlet. – URL : <https://exoatlet.ru/> (дата обращения: 22.04.2024).
2. Бионические протезы: на что они способны, и когда мы станем киборгами? РБК Тренды // trends.rbc. – URL : <https://trends.rbc.ru/trends/industry/5e91e02b9a79474e8cb6d892> (дата обращения: 22.04.2024).
3. 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.
4. 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.
5. 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.

ИСКУССТВЕННОЕ СЕРДЦЕ. УСТРОЙСТВО TOTAL ARTIFICIAL HEART

Я. В. Долгов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: 2yaroslav00000@mail.ru)

В современном мире самыми частыми причинами смерти являются сердечно-сосудистые заболевания. Так, для пациентов с острой сердечной недостаточностью было разработано искусственное сердце.

Искусственное сердце – это устройство, представляющее собой искусственный орган, которое заменяет сердце. Искусственные сердца обычно используются для сокращения времени до завершения операции по пересадке сердца, но продолжают исследования по разработке устройства, которое могло бы навсегда заменить сердце в случае, если пересадка от донора недоступна.

Так, американская компания *SynCardia Systems* является производителем и поставщиком клинически проверенного и коммерчески одобренного искусственного сердца [1].

Одним из продуктов *SynCardia Systems* является *Total Artificial Heart (ТАН)* (рис. 1).



Рис. 1. Устройство *Total Artificial Heart*

Total Artificial Heart (ТАН) – это медицинское устройство, созданное для замены функций естественного сердца у пациентов с тяжелой сердечной недостаточностью. *ТАН* состоит из двух механических желудочков и четырех искусственных клапанов, которые работают вместе для имитации работы естественного сердца.

Абсолютный рекорд для пациента с полностью искусственным сердцем *SynCardia Total Artificial Heart* составляет 1374 дня. Примерно треть пациентов проводят с таким устройством больше года, а некоторые – по два года и больше [2].

ТАН производят в двух видах – 50 куб. и 70 куб. 70-кубовое *ТАН SynCardia* является первым и единственным в мире клинически проверенным, коммерчески одобренным устройством для бивентрикулярной замены. Уменьшенная версия 70-кубового *SynCardia ТАН*, 50-кубовое *SynCardia Total Artificial Heart* предназначено для использования у пациентов меньшего роста, что позволяет большему количеству женщин и подростков получить доступ к этой новой технологии [3].

Пациентам, которым требуется трансплантация сердца, но период ожидания донорского органа может быть слишком долгим или есть противопоказания к трансплантации, *ТАН* предоставляет временное решение, чтобы поддерживать жизнеспособность до момента операции.

Таким образом, *SynCardia Total Artificial Heart* является одним из передовых и широко применяемых устройств искусственного кровообращения, которое способно спасти и улучшить жизнь многих пациентов с серьезными сердечными заболеваниями.

Библиографический список

1. Искусственное сердце SynCardia с переносным комплектом батарей опробовали уже сотни пациентов // *habr.* – URL : <https://habr.com/ru/articles/395075/> (дата обращения: 22.04.2024).
2. Optical Coherence Elastography of Human Blood Vessel Walls and their Phantoms / A. Y. Potlov, S. V. Frolov, S. G. Proskurin, T. A. Frolova // *Proceedings of the 2020 IEEE International Conference on Electrical Engineering and Photonics, EExPolytech 2020.* – art. No. 9243950. – P. 251 – 254.
3. High-Precision Evaluation of Stress-Related Properties of Blood Vessel Walls Using Intravascular Optical Coherence Elastography with Forward-View Probe / A. Y. Potlov, S. V. Frolov, T. A. Frolova, S. G. Proskurin // *Progress in Biomedical Optics and Imaging – Proceedings of SPIE.* – 2020. – V. 11457, art. No. 114571P.
4. Compression Elastography and Endoscopic Optical Coherence Tomography for Biomechanical Properties Evaluation of Cerebral Arteries Walls with Aneurysm and their Phantoms / S. V. Frolov, A. Y. Potlov, T. A. Frolova, S. G. Proskurin // *AIP Conference Proceedings.* – 2019. – V. 2140, art. No. 020020.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НЕОНАТАЛЬНЫХ ИНКУБАТОРОВ

М. А. Любавина, А. Ю. Потлов

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

В наше время тяжело представить современную медицинскую помощь матери и ребенка без специализированных инкубаторов для недоношенных новорожденных. Такие аппараты приспособлены для донашивания детей путем поддержания оптимальной температуры, влаги и уровня кислорода. Современные куветы позволяют вести успешную борьбу за жизнь и здоровье ребенка. Некоторые также позволяют контролировать вес и состояние новорожденного. В данный момент в большинстве случаев в медицинских учреждениях приме-

няются многофункциональные инкубаторы, которые способны осуществлять все вышеперечисленные функции, включая лечение и диагностику. Рассмотрим некоторые возможные варианты улучшения данного вида оборудования.

Важным пунктом в преобразовании инкубаторов будет являться использование специальных встроенных систем обогрева, которые могут быть настроены на контроль температуры как воздуха в инкубаторе, так и температуры поверхности, на которой лежит младенец, чтобы предотвратить перегревание и устранить риск обморожения у ребенка, а также улучшение точности измерений с помощью применения новейших технологий, например, нейронных сетей и машинного обучения. Это может касаться и других факторов, таких как: регулирование влажности и уровень кислорода.

Большинство куветов в данное время имеют пластиковый или металлический корпус, что не всегда практично из-за их большого веса, этот фактор может приносить неудобства для медицинского персонала, поэтому стоит рассмотреть несколько вариаций создания инкубаторов из более легких, но прочных материалов, которые к тому же должны быть приспособлены к совместной работе с другими немаловажными составляющими инкубатора и сохранению обеспечиваемых условий для новорожденного. Подобный вид материала может быть достигнут благодаря развитию сферы нанотехнологий.

Последним вариантом улучшения может являться создание и внедрение беспроводных систем для сбора данных и их передачи о состоянии ребенка, параметрах среды вокруг новорожденного в реальном времени. Это позволит медицинскому персоналу как можно быстрее обеспечить необходимую помощь и изменить какие-либо показатели инкубатора.

Таким образом, вышеперечисленные возможные нововведения могут значительно изменить процесс ухода за детьми, обеспечить им подходящие и комфортные условия. Инвестируя в исследования и разработки, компании, занимающиеся производством детских инкубаторов, обеспечивают наивысший уровень заботы о новорожденных детях.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-29-00763, <https://rscf.ru/project/23-29-00763/>

Библиографический список

1. Фролов, С. В. Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.

2. 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>

3. Касулина, О. А. Инновационные функции инкубаторов / О. А. Касулина, С. В. Фролов, А. А. Мелехина // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2022. – С. 279 – 282.

4. 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 : Тамбовский государственный технический университет, 2023. – С. 334 – 336.

5. Фролов, С. В. Неонатальный мониторинг / С. В. Фролов // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : сб. тр. Восьмой Всерос. молодеж. науч. конф., Тамбов, 10 мая 2023 года. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, 2023. – С. 332 – 334.

МЕТОДИКА ПОДБОРА МЕДИЦИНСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В СООТВЕТСТВИИ СО СТАНДАРТОМ ОСНАЩЕНИЯ

Я. И. Шнякина, А. Р. Аветисян, Т. А. Фролова

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: scorpio0751@gmail.com)

Стандарты оснащения медицинских учреждений существуют для обеспечения безопасности пациентов и работников здравоохранения, повышения качества медицинской помощи, снижения риска возникновения ошибок и аварий, а также для обеспечения эффективного функционирования медицинских учреждений. Подбор медицинского оборудования в соответствии со стандартом оснащения является важным этапом при обустройстве медицинских учреждений. При грамотном подходе необходимо соблюдение определенных этапов, которые и составляют методику подбора медицинского оборудования согласно стандарту оснащения. В данной работе отражены лишь некоторые составляющие данной методики, в частности, этап проверки принадлежности медицинского изделия к требуемому в стандарте оснащения коду вида.

При наличии в стандарте оснащения кода вида номенклатурной классификации медицинских изделий выбор осуществляется строго из тех вариантов,

которые ему соответствуют. Принадлежность к тому или иному коду вида медицинского изделия можно отследить на сайте Федеральной службы по надзору в сфере здравоохранения (Росздравнадзор). Для этого необходимо перейти в государственный реестр медицинских изделий и организаций (индивидуальных предпринимателей), осуществляющих производство и изготовление медицинских изделий, и в расширенном поиске ввести код вида медицинского изделия из стандарта (рис. 1) [1].

Назначение МИ:

Код вида медицинского изделия:

Адрес места производства (изготовления):

Сведения о взаимозаменяемых МИ:

Уникальный номер реестровой записи:

ВЫВЕСТИ РЕЗУЛЬТАТЫ

Рис. 1. Фрагмент окна расширенного поиска медицинских изделий с возможностью ввода кода вида

Результатом данного этапа будет список регистрационных удостоверений на соответствующие введенному виду медицинские изделия.

Проверку принадлежности оборудования к коду вида также можно осуществить, решив и обратную задачу. Для этого в том же разделе на сайте Росздравнадзора необходимо ввести номер регистрационного удостоверения медицинского изделия, принадлежность которого проверяется. При просмотре раскрывшихся сведений следует найти: «Вид медицинского изделия в соответствии с номенклатурной классификацией медицинских изделий, утверждаемой Министерством здравоохранения Российской Федерации» или «Код вида» (как правило указан ниже для каждой модели МИ, содержащейся в РУ, перед «историей вносимых изменений»).

После проведенной проверки соответствия медицинского оборудования коду вида продолжается отбор изделий с учетом специфики медицинского учреждения, необходимых технических характеристик и бюджета.

Таким образом, правильный подбор медицинского оборудования в соответствии со стандартом оснащения играет ключевую роль в обеспечении качественной медицинской помощи и безопасности пациентов. При выборе оборудования необходимо учитывать не только специфику учреждения здравоохранения, потребности персонала, но и требования законодательства, в частности, соответствие медицинского изделия коду вида. Только так можно обеспечить

эффективное функционирование медицинского учреждения и повысить уровень заботы о пациентах. Методика подбора медицинского оборудования в соответствии со стандартом оснащения может быть использована не только практикующими специалистами, но и студентами при обучении в рамках дисциплины «Медико-технический менеджмент».

Библиографический список

1. Государственный реестр медицинских изделий и организаций (индивидуальных предпринимателей), осуществляющих производство и изготовление медицинских изделий // Федеральная служба по надзору в сфере здравоохранения (Росздравнадзор). – URL : <http://www.roszdravnadzor.ru/services/misearch> (дата обращения: 01.04.2024).

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ В СТОМАТОЛОГИИ

С. Р. Штыркова, Д. В. Павлов, А. С. Плющев

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

Стремительное развитие технологий оказывает существенное влияние на медицину, в частности, на стоматологию. Новые технические средства позволяют применять инновационные методы диагностики для различных заболеваний полости рта. В данной работе будет рассмотрено несколько таких технологий.

Одной из таких технологий является 3D-печать. Использование CAD/CAM систем позволило перейти на принципиально новый уровень в точности изготовления реставраций. Данная технология позволяет создавать одиночные коронки, мосты малой и большой протяженности, индивидуальные абатменты, телескопические коронки, а также различные конструкции из воска и пластика для последующей отливки различных сплавов металлов. Первый этап работы с CAD/CAM системой – это сканирование верхней и нижней челюсти пациента для получения цифрового изображения, которое потом подвергается компьютерной обработке. Главным преимуществом этой технологии является высокая точность. Для примера можно сказать, что даже при получении очень точных слепков с помощью силиконового материала, при отливке модели наблюдается небольшая усадка материала. Максимальная ошибка в этом случае

составляет 100 микрон. При использовании сканера погрешность составляет всего 12 микрон, что в пять-шесть раз точнее обычных методов.

Следующая технология, которая все активнее применяется в стоматологии, – это искусственный интеллект. Он может применяться для анализа медицинских изображений, в том числе и для диагностики рака рта. Например, система искусственного интеллекта, которая позволяет быстро диагностировать плоскоклеточную карциному полости рта на основе снимков биопсии тканей.

Еще одна технология, которая появилась относительно недавно, – это VR. Очки VR решают две задачи, не поддающиеся другим технологиям. Во-первых, позволяют пациентам справиться с тяжелой дентофобией и пройти лечебные процедуры. Во-вторых, наглядно продемонстрировать людям преимущества виртуальной реальности и распространить эту идею в массы.

Система VR работает следующим образом: пациент надевает очки VR и наушники, демонстрирующие успокаивающие видео, например, волны на пляже или медленное цветение растений. Пациент сам может выбрать музыку, цвет картинки или даже прослушать инструкции для медитации, находясь в стоматологическом кресле. Также пациентам демонстрируют обучающие видео, относящиеся к процедуре, которую им предстоит пройти. При этом стоматолог будет следить, не прекратилась ли трансляция.

И последней рассмотренной технологией будет технология дополненной реальности AR. Гарнитура AR может использоваться как пациентами, так и медицинскими работниками. Данная система может использоваться не только для обучения стоматологии, но и в качестве виртуального ассистента для практикующего специалиста.

В гарнитуре используется запатентованная система камер, способная обеспечивать субмиллиметровую точность с помощью 48-мегапиксельных камер.

Она также оснащена стереоскопическим 3D-изображением и непрерывным увеличением для улучшенного восприятия глубины, что поможет всем медицинским работникам во время обследований.

Наряду с передовыми технологиями, устройство легкое, имеет эргономичный дизайн, который идеально подходит для использования в течение всего дня.

Данное устройство предоставляет пользователям простое в использовании решение для непрерывного увеличения от 1× до 10×, позволяющее получить детализированные изображения того, на что смотрит пользователь.

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.

ТЕХНИЧЕСКОЕ И ВИЗУАЛЬНОЕ ОСНАЩЕНИЕ КАБИНЕТА АППАРАТНЫХ МЕТОДОВ ЛЕЧЕНИЯ

Е. А. Дудина

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: ekaterina.dudina.2002@mail.ru)

По данным коммерческих исследований за 2022 год было установлено, что кабинет косметолога является одним из самых прибыльных подразделений каждой клиники и салона. Но чтобы получить лицензию, собрать хорошую базу постоянных клиентов и оказывать косметологические услуги на высоком уровне, придется позаботиться об оснащении косметологического кабинета по стандарту, принятому в этой отрасли. Рассмотрим по отдельности техническое и визуальное оснащение косметологического кабинета.

Приступая к оснащению косметологического кабинета по стандарту в салоне красоты или отделения косметологии в составе клиники, необходимо определиться с тем, какое оборудование будет необходимо. В первую очередь, это будет зависеть от того, какой спектр услуг планируется оказывать. В крупной клинике, где косметология представлена полноценным отделением с несколькими кабинетами, список оборудования будет достаточно большим. Обычно он включает в себя узкоспециализированные аппараты.

Оборудование для косметологического кабинета салона красоты, представленное на рынке, можно разделить на 3 большие группы по интенсивности оказываемого вмешательства и функциональному назначению: wellness-аппараты, профессиональные аппараты, вспомогательное оборудование.

Wellness-аппараты – это установки, эффект от применения которых кратковременен и близок к физиотерапевтическому. К ним относятся приборы для: дарсонвализации, электромиостимуляции, электроэпиляции, ультразвуковой чистки кожи, вакуумного липолиза и липолиза с помощью электротока. Профессиональное косметологическое оборудование позволяет решить различные проблемы с внешним видом раз и навсегда. Это их ощутимый плюс, именно поэтому услуга лазерной эпиляции пользуется гораздо более широким спросом, чем эпиляция электротоком. Причем высокая стоимость услуги мало влияет на устойчивость спроса. Профессиональные косметологические приборы представляют собой, как правило, специализированные аппараты, предназначенные для какой-либо одной процедуры: аппараты для лазерной эпиляции, аппараты для лазерной шлифовки кожи, аппараты для фракционного фототермолиза, аппараты для радиочастотного лифтинга, аппараты для криолиполиза, IPL-аппараты, ультразвуковые аппараты для липолиза. Оснащая косметологический кабинет или отделение по стандартам, необходимо помнить и о вспомогательном оборудовании. К нему относятся: функциональные кушетки или кресла, где можно изменять угол наклона подголовника и ножной части.

Рассматривая визуальную составляющую косметологического кабинета, не стоит забывать про информационную рекламную продукцию, которая может привлечь внимание аудитории и выделиться среди множества конкурентов. Использование графического дизайна на данный момент становится все более существенным и востребованным. Современный мир переполнен информацией и требуется не только качественный контент, но и эффективное визуальное представление. Визуальное оснащение помогает создать уникальные и запоминающиеся образы, которые помогают компаниям и брендам устанавливать прочные связи со своими потребителями.

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. Маковеев, 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.

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.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АППАРАТОВ ДЛЯ RF-ЛИФТИНГА И ИХ ВНЕДРЕНИЕ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ОРГАНИЗМА НА РАННЕЙ СТАДИИ

Е. А. Дудина

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: ekaterina.dudina.2002@mail.ru)

В современном мире для людей неотъемлемой частью жизни стала диагностика своего здоровья и сохранение тонуса и молодости организма. Аппаратная косметология – это комплекс современных технологий, которые помогают эффективно и безопасно решать многие эстетические проблемы, в том числе сохранение красоты и молодости.

Методы аппаратной косметологии отличаются стойкостью результата, меньшей травматичностью, по сравнению с другими, более радикальными методами (например, пластическими операциями) и, как правило, не требуют длительного периода восстановления. RF-лифтинг лица и тела – один из методов аппаратной косметологии, терапия возрастных изменений, основанная на радиоволновом методе разогрева глубоких слоев кожи (дермы и гиподермы) под эпидермисом (поверхностным слоем).

На примере аппарата SCARLET S разберем составные части оборудования для RF-лифтинга и его воздействие на тело человека. Аппарат фракционный радиочастотный SCARLET S является медицинским изделием, разработанным для применения радиочастотной (RF) энергии с целью разогрева кожи для абляции, коагуляции и подтяжки наружного (эпидермального) и внутреннего (дермального) слоя кожи с целью эстетического ремоделирования. Одним из таких аппаратов является аппаратный комплекс Intellect Advanced 2765CS. Состав видов тока увеличен и включает в себя более 13 видов (интерференционные, постоянный ток, монофазные, ионофорез, токи Траберта, TENS, VMS, диадинамические токи, микроток, импульсный ток высокого напряжения,

гальванический ток, ультразвук, волнообразный). Отличительными особенностями аппарата от аналогов является то, что в него встроена библиотека, отображающая все виды и формы используемых токов, а также подробные характеристики и указания по расположению электродов. Принцип действия: фракционный биполярный RF-лифтинг с использованием аппарата SCARLET S – это строго контролируемое воздействие биполярной радиочастотной энергией, глубина проникновения которой составляет 0,5...3,5 мм. Для выполнения процедуры используется одноразовый наконечник с тончайшими 7 позолоченными микроиглами (золото улучшает проводимость радиочастоты) – микроигловатыми электродами (технология микронидлинга), которые доставляют RF-энергию концентрированно в нужный слой кожи, а также, работая по принципу акупунктуры, дополнительно стимулируют регенеративный потенциал тканей. Воздействие носит фракционный характер: за счет обработки в тканях формируются микроскопические столбики, или колонки, вокруг которых запускаются процессы обновления. Синтез факторов роста (дермального фактора роста, фактора роста эндотелия сосудов и др.); скручивание растянутых волокон соединительной ткани (мгновенный лифтинг), выработка нового коллагена и эластина, формирование молодого соединительно-тканного матрикса (омоложение кожи на клеточном уровне; пролонгированный лифтинг-эффект).

Развитие RF-лифтинга не стоит на месте, поскольку данный косметологический метод оказывает положительно сказывающиеся воздействия на организм пациента. Основные его достоинства – улучшение кровотока, стимуляции метаболических процессов, снижает сосудистые и мышечные спазмы.

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. Маковеев, 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.

4. Лычагина, В. О. Smas-лифтинг – эффективное решение для сохранения молодости / В. О. Лычагина, Т. А. Фролова // Цифровая трансформация в энергетике : материалы Третьей Всерос. науч. конф. – 2021. – С. 145–146.

ИННОВАЦИИ В ОСНАЩЕНИИ ГИБРИДНОЙ ОПЕРАЦИОННОЙ

Г. П. Ильин

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

Гибридная операционная – это один из новейших стандартов оснащения операционных помещений, который предполагает использование оборудования для интерооперационной медицинской визуализации, например, С-дуг, компьютерных томографов или магнитно-резонансных томографов (рис. 1). Эти устройства позволяют проводить малоинвазивные операции, значительно улучшая визуальный контроль со стороны медицинских специалистов.

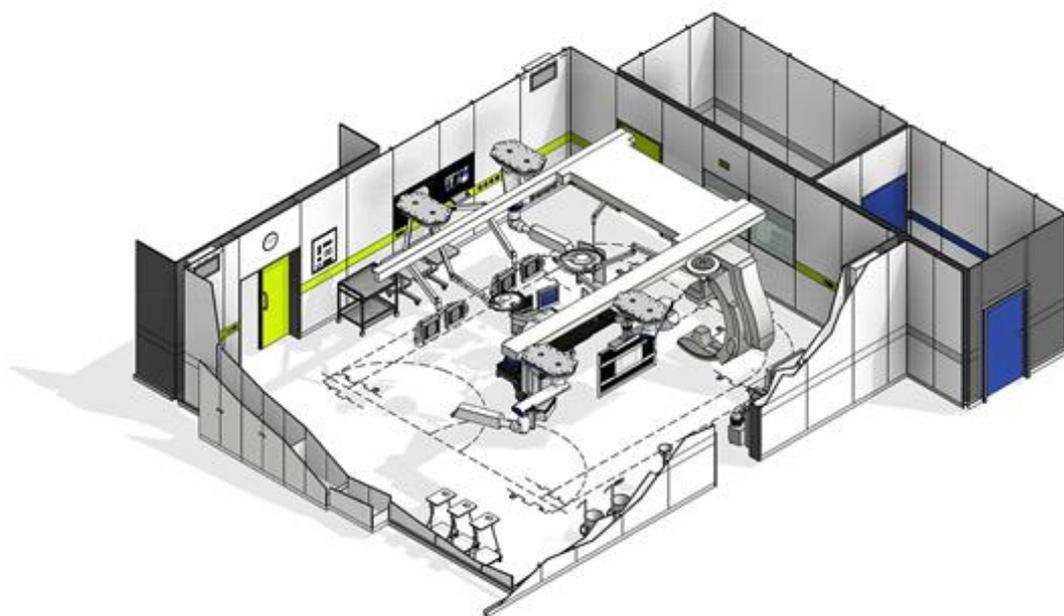


Рис. 1. Общий план помещения гибридной операционной с потолочным креплением С-дуги

Одним из ключевых векторов развития гибридных операционных является внедрение цифровых технологий и принципов телемедицины. В подобных операционных реализован сбор, обработка и протоколирование информации из разных источников (различные системы визуализации, эндоскопические системы).

Создание «умных» гибридных операционных может предполагать создание полноценной экосистемы устройств. Весьма перспективной является разработка систем, обеспечивающих обмен данными между различными единицами оборудования, например, для обеспечения автоматизированного позиционирования пациента в аппаратах типа С-дуга. Получая данные о положении излучателя аппарата, стол пациента с достаточной степенью свободы перемещения будет подстраиваться под них, обеспечивая быстроту и точность интероперационной визуализации.

Подобные гибридные операционные будут также предоставлять большое количество обучающих данных, поскольку в них возможно вести постоянную запись действий медицинских специалистов (от визуального контроля до составления журналов взаимодействий с различным оборудованием).

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, 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.

5. 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. : в 3 т. ; под общ. ред. В. А. Немтинова ; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Вып. 4, Т. 3. – С. 123 – 128.

6. 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.

НОВЫЕ ПЛАТИНОВЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ БИОХИМИЧЕСКИХ АНАЛИЗАТОРОВ SHIMADZU

А. Д. Филиппов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: shura.filippov.2006@gmail.com)

В медицинской практике все исследования можно разделить на две основные категории: визуальную и лабораторную диагностику.

Лабораторная диагностика включает в себя различные лабораторные методы исследования крови или же других биологических материалов. Данная тема актуальна из-за необходимости комплексной оценки состояния пациента, диагностики, прогнозирования заболеваний, контроля лечения, а также при скрининге населения при профилактике заболеваний.

Биохимический анализатор – это точный лабораторный прибор, используемый для анализа параметров крови, плазмы, мочи и других биологических материалов, который позволяет определить наличие и концентрацию различных веществ, таких как электролиты, ферменты, липиды и другие медицинские показатели.

Метод каталитического окисления при температуре горения 680 °С в настоящее время используется во всем мире. Одной из его важнейших характеристик является способность эффективно окислять трудно разлагаемые органические соединения, включая нерастворимые и высокомолекулярные органические соединения.

Метод каталитического окисления обеспечивает полное сгорание образцов за счет их нагрева до 680 °С в богатой кислородом среде внутри трубок сгорания, заполненных платиновым катализатором [1].

Поскольку здесь используется простой принцип окисления посредством нагрева и сжигания, не требуются предварительная обработка и последующая обработка с использованием окислителей, что улучшает эксплуатационные характеристики.

Обеспечивая сверхширокий диапазон от 4 мкг/л до 30 000 мг/л, эти анализаторы могут похвастаться пределом обнаружения в 4 мкг/л. Это самый высокий уровень чувствительности обнаружения, доступный для метода каталитического окисления при горении. Кроме того, метод каталитического окисления при горении позволяет эффективно окислять не только легко разлагаемые низкомолекулярные органические соединения, но и трудноразлагаемые нерастворимые и высокомолекулярные органические соединения [2].

Были разработаны новые платиновые катализаторы для анализаторов Shimadzu, предназначенные для замены стандартных платиновых катализаторов.

В катализаторах Elemental Microanalysis (рис. 1) используется носитель из циркония, а не из оксида алюминия, поэтому есть разница в цвете и весе по сравнению с катализаторами оригинального производства.



Рис. 1. Катализатор *Elemental Microanalysis* с носителем из циркония

Новая версия обладает более низкими бланковыми значениями, которые способствуют более низкому практическому пределу количественного определения. Также быстрая стабилизация ускоряет кондиционирование катализатора при установке новой реакционной трубки. Более длительный срок службы позволяет выполнить большое количество проб перед заменой. Большая прочность уменьшает вероятность физического разрушения [3].

Библиографический список

1. TOC-L Series – Особенности // shimadzu. – URL : https://faq.an.shimadzu.co.jp/faq/show/6651?site_domain=english&utm_source=anweb&utm_medium=ref&utm_campaign=202107 (дата обращения: 16.04.2024).
2. Фролова, М. С. Разработка информационной модели медицинского прибора на примере биохимического анализатора // М. С. Фролова, Т. А. Фролова // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. – С. 124 – 132.
3. Новые платиновые катализаторы для анализаторов Shimadzu // nauka-shop. – URL : <https://nauka-shop.ru/novosty/455-novye-platinovye-katalizatory-dlya-analizatorov-shimadzu> (дата обращения: 16.04.2024).

НЕОНАТАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ

Л. А. Халяпина, А. А. Коробов, К. С. Савинова

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: ljuba.orehova@yandex.ru)

Одним из способов снижения неонатальной смертности является улучшение знаний и наблюдения за младенцами в отделении интенсивной терапии новорожденных. Поскольку больные новорожденные от природы беспомощнее, по сравнению со взрослыми, они нуждаются в тщательном наблюдении и, в связи с характерными для них патофизиологическими качествами, осуществление мониторинга зачастую существенно отличается от мониторинга взрослых пациентов. Чтобы получить об этом представление необходимо рассмотреть некоторые характерные особенности неонатологии.

Уход за недоношенными детьми осуществляется в инкубаторах. Лучше всего устанавливать определенную концентрацию кислорода в микроклимате инкубатора и применять для мониторинга соответствующие системы измерения и предупреждения. Как и для взрослых, в неонатологии главным образом применяются модульные универсальные мониторы, регистрирующие различные параметры с применением отдельного измерительного модуля для каждого из них, и отображают эти параметры на цветном многоканальном мониторе.

В кардиореспираторных расстройствах у недоношенных и новорожденных детей проявляются различные патофизиологические расстройства, такие как: церебральная недоразвитость, кровоизлияния в мозг, дыхательное расстройство, заражение, врожденные метаболические нарушения, электролитный дисбаланс, конвульсии, гипо- или гипертермия, гипогликемия, анемия.

Из чего можно сделать вывод, что центральную роль в неонатальном мониторинге играют следующие параметры:

- одноканальная электрокардиограмма;
- дыхание;
- насыщение O₂;
- чрескожные значения газов крови;
- кровяное давление.

Для выявления параметров, перечисленных выше, существуют основные методы неонатального мониторинга:

- импедансная пневмография;
- электрокардиография;

- комбинированный кардиореспираторный анализ;
- пульсовая оксиметрия;
- чрескожное измерение парциального давления;
- измерение $P_{tc}CO$ (транскапнод);
- измерение $P_{tc}O$ (трансоксод);
- мониторинг насыщения кислородом.

Неонатальный мониторинг предлагает неинвазивную стратегию для выявления потенциальных осложнений у пациентов в отделении интенсивной терапии. Распознавание и изучение этой информации, отдельно или в сочетании с дополнительными параметрами, может улучшить уход за пациентами.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-29-00763, <https://rscf.ru/project/23-29-00763/>

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. Применение бионического подхода при синтезе систем управления многомерными объектами высокой размерности / С. В. Фролов, А. А. Коробов, А. Ю. Потлов, Т. А. Фролова // Математические методы в технологиях и технике. – 2021. – № 6. – С. 67 – 70.
3. 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. – Т. 11(1). – URL : <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1308>
4. Фролов, С. В. Реализация систем позиционного регулирования в медицинской технике / С. В. Фролов, К. С. Савинова, Г. П. Ильин, А. Н. Ветров // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2023. – № 1. – С. 100 – 110.
5. Применение бионического подхода при синтезе систем управления многомерными объектами высокой размерности / С. В. Фролов, А. А. Коробов, А. Ю. Потлов, Т. А. Фролова // Математические методы в технологиях и технике. – 2021. – № 6. – С. 67 – 70.

ТЕЛЕСТОМАТОЛОГИЯ. УСТРОЙСТВО SCANBOX ТЕХНОЛОГИИ DENTAL MONITORING

Д. С. Челмодеева

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: di_kim_0314@mail.ru)

Телемедицинские системы и инструменты, нацеленные на повышение качества, доступности и своевременности медицинской помощи, а также на оптимизацию организационно-управленческих процессов, широко используются во всех сферах здравоохранения. В последние 10 – 12 лет даже отмечается формирование отдельных клинических субдисциплин на основе телемедицинских технологий с четко обозначенной концепцией и методологией. Это может значительно измениться с распространением телестоматологии [1].

Телестоматология – клиническая субдисциплина, изучающая дистанционную профилактику, диагностику и лечение заболеваний и повреждений зубов, органов полости рта и челюстно-лицевой области посредством использования информационно-телекоммуникационных систем [2].

Телемедицинские услуги облегчают доступ к услугам стоматологов. Компания *Candid*, предлагающая пациентам выравниватели зубов и соответствующие планы лечения, опробовала на практике технологию под названием *Dental Monitoring*, которая предусматривает передачу пациентам подключенного к Сети устройства *ScanBox* (рис. 1). Устройство выглядит как гарнитура виртуальной реальности. Но вместо того, чтобы закрывать людям глаза, оно смотрит им в рот и контролирует процесс использования выравнивателей [3].



Рис. 1. Устройство *ScanBox* технологии *Dental Monitoring*

ScanBox подключается к смартфону пациента (рис. 2), захватывает изображения и отправляет их удаленному ортодонту. Загруженные изображения также сканируются с помощью алгоритма искусственного интеллекта, который может отслеживать прогресс пациента, оценивать гигиену полости рта и выявлять любые потенциальные проблемы со здоровьем, такие как видимые карие-сы или рецессия десны.



Рис. 2. Устройство *ScanBox*, подключенное к смартфону

Врач-ортодонт рассматривает случай каждого пациента, определяет, имеют ли они право на лечение, и если да, то составляет план лечения. Затем выравниватели отправляются по почте пациентам, которым, как правило, должно быть не менее 16 лет и у которых проблемы с выравниванием в легкой или умеренной степени.

Таким образом, комплексное использование телемедицины в сфере стоматологии обеспечивает повышение качества и доступности медицинских услуг, позволяет значительно оптимизировать систему предоставления специализированной (ортодонтической) помощи.

Библиографический список

1. Владимирский, А. В. Врачебная конференция «Возможности телемедицинских технологий в стоматологии» / А. В. Владимирский // Заместитель главного врача: лечебная работа и медицинская экспертиза : сайт. – URL : <https://e.zamglvracha.ru/449310> (дата обращения: 18.04.2024).
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.

ВЫБОР УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ДАТЧИКОВ

Альбегли Ахмед Хасан Ахмед

Ирак, Дияла

Необходимо обратить внимание на ассортимент предлагаемых датчиков, их частотный диапазон и размер сканирующей поверхности (апертуры). Датчики также отличаются количеством сканирующих элементов: чем выше плотность элементов в датчике, тем выше его разрешающая способность, возможность «увидеть» мельчайшие структуры. Элементы в датчике могут быть расположены в линию (обычные датчики) или в виде решетки (матричные датчики). Матричные датчики дают более четкое изображение по сравнению с обычными, поскольку обеспечивают дополнительную фокусировку в продольной плоскости. Они могут давать объемное изображение или любую проекцию в двумерном режиме. Однако эти датчики чрезвычайно дороги и используются только в экспертном оборудовании.

Важно, чтобы датчики были мультичастотными, т.е. аппарат позволял выбрать одну из нескольких рабочих частот для построения изображения. Выбор частоты сканирования позволяет подстроить аппарат для работы на различных глубинах: чем глубже исследуемый орган – тем ниже должна быть частота сканирования. В настоящее время моночастотные датчики не используются ни одним из производителей, их можно встретить только на старых моделях УЗ-аппаратов: восстановленных и подержанных.

Датчики в значительной степени определяют сферы применения аппарата. Для ежедневной диагностики используются следующие типы датчиков: линейный, конвексный, микроконвексный, микроконвексный внутриволостной, объемный конвексный.

Есть множество узкоспециализированных датчиков, не применяющихся в ежедневной диагностике. Они могут быть необходимы только при узкой специализации медицинского центра или кабинета, в который планируется установка ультразвуковой системы. Примеры специализированных датчиков: чреспищеводный датчик, датчик слепого доплера («карандаш»), интраоперационные датчики, би-плановые и три-плановые трансректальные датчики.

Также датчики отличаются способом изготовления излучающих элементов:

– датчики из обычной пьезокерамики – это стандартные датчики, предлагаемые большинством производителей;

– монокристаллические датчики – датчики, излучающие элементы которых сделаны по особой технологии. В процессе производства выращивается кристалл из пьезоматериала, который потом высокоточно нарезается на излучающие элементы. Монокристаллы демонстрируют 90%-ный коэффициент полезного действия (в сравнении с 30% КПД обычной пьезокерамики). Применение монокристаллической технологии позволяет принципиально улучшить качество изображения в В-режиме и глубину проникновения луча.

Для диагностики недостаточно только датчиков, нужны также специальные программы для проведения измерений. Они могут быть как в базовой комплектации, так и продаваться отдельно. Обязательно уточняйте о наличии необходимых специалисту программ и формул, без них ему придется тратить время на расчеты с помощью таблиц или калькулятора. Обычно расчеты для общих исследований идут в базовой комплектации, а расчеты для кардиологии – отдельно.

Библиографический список

1. Применение бионического подхода при синтезе систем управления многомерными объектами высокой размерности / С. В. Фролов, А. А. Коробов, А. Ю. Потлов, Т. А. Фролова // Математические методы в технологиях и технике. – 2021. – № 6. – С. 67 – 70.

2. 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.

3. Система поддержки принятия врачебных решений для формирования протокола ультразвуковых исследований / С. В. Фролов, В. В. Дубровин, А. Ю. Куликов, Р. А. Куликов // Врач и информационные технологии. – 2019. – № 1. – С. 64 – 72.

4. Информационная система формирования протоколов ультразвуковых исследований / Р. А. Куликов, С. В. Фролов, А. Ю. Куликов, В. В. Дубровин // Цифровая трансформация в энергетике : материалы Всерос. науч. конф. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2020. – С. 33 – 36.

ДИАЛИЗНЫЙ АППАРАТ DIALOG ПРОИЗВОДСТВА В. BRAUN

А. Кенне Йонти

Камерун, Дуала

(e-mail: arianekenne1@gmail.com)

Гемодиализ – это метод экстракорпорального очищения крови, применяемый для лечения пациентов с хронической болезнью почек. Около 2,3 миллиона пациентов по всему миру зависят от длительной заместительной почечной терапии. Каждый год количество таких пациентов в мире возрастает в среднем на 6%. В Азии, Латинской Америке, Африке и на Ближнем Востоке наблюдается еще более высокий процент роста – до 10%. Гемодиализ и острая терапия относятся к категории методов экстракорпорального очищения крови. Гемодиализ является наиболее распространенным методом терапии и используется в 89% случаев хронической почечной недостаточности.

Концепция Диалог+ (рис. 1) предусматривает три основные конфигурации аппарата для экстракорпоральных процедур.



Рис. 1. Диализный аппарат *Dialog*

Интегрированная и эффективная терапевтическая система позволяет пользователю получить максимальное количество вариантов индивидуальной комплектации каждого диализного аппарата. Эти новшества также соответ-

ствуют современным экономическим и медицинским требованиям. Комплекующие, принадлежности и расходные материалы от одного производителя наилучшим образом соответствуют друг другу и образуют единую терапевтическую систему. Современная медицинская технология высокого качества в совокупности с интеллектуальными компонентами и одним последовательным общей доминантой: оптимальное качество лечения для пациентов.

Xevonta (рис. 2) – новый ориентир эффективности и производительности.

- профиль просеивания;
- селективность;
- оптимальное соотношение β 2-микроглобулин и альбумина;
- X-дизайн.



Рис. 2. Диализный аппарат *Xevonta*

α -полисульфон – синтетическая диализная мембрана нового поколения.

- превосходные рабочие свойства и эффективность;
- высокие рабочие характеристики диализаторов достигаются за счет более высокого качества полисульфоновых мембран;
- мембрана обеспечивает высокоэффективный клиренс средних молекул;
- оптимальное соотношение потоков, при котором каждый капилляр равномерно омывается диализирующей жидкостью по всей длине;
- устойчивый клиренс и ультрафильтрация обеспечиваются на протяжении всего лечения.

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.

АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ

В. О. Лычагина, Т. А. Фролова

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: lychagina1609@rambler.ru)

Биотехническая система для выращивания растений (БТС) – это объект, который использует датчики, исполнительные механизмы, системы мониторинга и управления для оптимизации условий роста агрокультур. Основной задачей БТС является поддержание оптимального микроклимата для определенного вида растений.

Микроклиматическая среда довольно сложная и быстро изменяющаяся система. Параметры микроклиматической среды тесно связаны между собой и колебания одного из них могут привести к изменениям другого.

Статические характеристики умной теплицы включают:

- регулицию температуры воздуха;
- контроль поддержания заданного температурного режима;
- сохранение в заданных пределах влажности грунта;
- дополнительная стимуляция лазерной досветкой;
- создание дополнительного освещения в любое время года и регулирование освещенности пространства теплицы.

Однако определить статические характеристики для биотехнической системы невозможно, но возможно экспериментально определить динамические характеристики системы. Динамические характеристики определяются процессом изменения во времени выходной переменной. Так, температура в БТС напрямую зависит от времени работы нагревательного элемента: чем дольше время работы нагревателя, тем выше температура внутри системы.

Рассмотрим зависимость температуры воздуха от времени работы нагревателя. Нагревателем в биотехнической системе является инфракрасная лампа, которая автоматически включается при падении температуры до критического уровня.

Исходя из графика динамической характеристики системы, находим передаточную функцию

$$W(S) = \frac{k}{TS + 1}.$$

Для этого следует найти коэффициенты k и T .

$$k = \frac{\Delta y_{\text{ВЫХ}}}{x_{\text{ВЫХ}}} = \frac{36}{200} = 0,18,$$

где $\Delta y_{\text{ВЫХ}}$ – разница температур; $x_{\text{ВЫХ}}$ – мощность нагревателя.

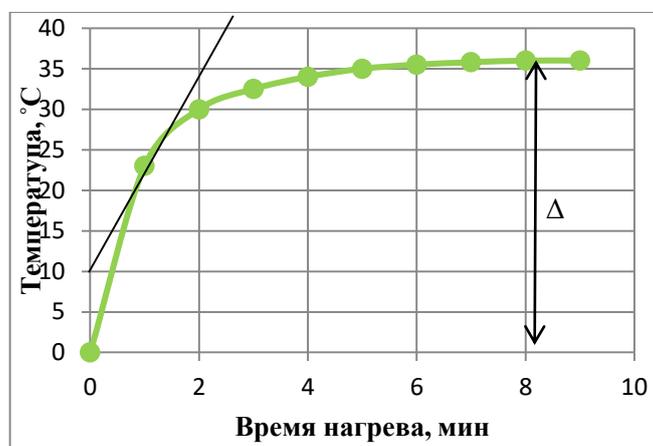


Рис. 1. Зависимость температуры воздуха от времени работы нагревателя

Для нахождения коэффициента T проводим касательную к графику, $T = 1$.

Следовательно, передаточная функция будет иметь вид:

$$W(S) = \frac{0,18}{S + 1}.$$

Определение динамических характеристик системы помогает предсказывать ее поведение в будущем и анализировать ее реакцию на различные воздействия.

Библиографический список

1. Применение бионического подхода при синтезе систем управления многомерными объектами высокой размерности / С. В. Фролов, А. А. Коробов, А. Ю. Потлов, Т. А. Фролова // Математические методы в технологиях и технике. – 2021. – № 6. – С. 67 – 70.

2. 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.

MIR SPIRODOC – ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ПОРТАТИВНЫЙ СПИРОМЕТР

К. Л. Магне Фосси

Камерун, Дуала

(e-mail: Kevinefossi24@gmail.com)

Портативный спирометр *MIR Spirodoc* (рис. 1) – это профессиональная исследовательская станция, оснащенная сенсорным монитором и большим арсеналом измеряемых показателей. Спирометр рекомендован к применению в стационарах, медицинских центрах, научно-исследовательских институтах и других специализированных учреждениях [1].



Рис. 1. Портативный спирометр *MIR Spirodoc*

Spirodoc отличается от своих аналогов на рынке компактностью и многофункциональностью. Это полноценная респираторная лаборатория, которой не понадобятся дополнительные устройства.

Спирометр оснащен большой базой данных, каждое исследование сохраняется автоматически, а система поиска позволяет быстро найти нужного пациента. Карманные габариты прибора позволяют проводить диагностику в любых условиях. Интерфейс программного обеспечения интуитивно понятен и прост в использовании. Существует расширенный набор параметров для пульмонологов, а врачи общей практики могут воспользоваться общим результатом тестирования. Для мониторинга на дому необходимо нажать всего одну кнопку.

Spirodoc работает от высокоемкостного литиевого аккумулятора или электросети 220V.

Спирометр *Spirodoc* может быть настроен для различных сфер применения [2]:

- расширенный набор параметров для пульмонологов;
- упрощенный режим для врачей общей практики с упрощенным отчетом для скрининговых целей;
- активация одной кнопкой для мониторинга дома.

Библиографический список

1. Mir Spirodos – профессиональный портативный спирометр // medpribor. – URL : <https://medpribor.pro/product/mir-spirodos/> (дата обращения: 18.04.2024).

2. Портативный профессиональный спирометр MIR Spirodos // maxmedtech. – URL: <https://www.maxmedtech.ru/spirodos> (дата обращения: 18.04.2024).

3. CFD and MRI Studies of Hemodynamic Changes After Flow Diverter Implantation in a Patient-Specific Model of The Cerebral Artery / S. V. Frolov, S. V. Sindeev, J. S. Kirschke et al. // Experiments in Fluids. – 2018. – V. 59(11). – art. No. 176.

4. Phase-Contrast MRI Versus Numerical Simulation to Quantify Hemodynamical Changes in Cerebral Aneurysms After Flow Diverter Treatment / S. Sindeev, P. G. Arnold, S. Frolov et al. // PLoS ONE. – 2018. – V. 13(1), art. No. e0190696.

5. Avsievich, T. I. Interrelation Between Respiratory and Contractile Activity of Physarum Polycephalum / T. I. Avsievich, S. V. Frolov, S. G. Proskurin // Journal of Physics D: Applied Physics. – 2017. – V. 50(22), art. No. 224003.

6. 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.

7. Optical Coherence Elastography of Human Blood Vessel Walls and their Phantoms / A. Y. Potlov, S. V. Frolov, S. G. Proskurin, T. A. Frolova // Proceedings of the 2020 IEEE International Conference on Electrical Engineering and Photonics, EExPolytech. – 2020. – art. No. 9243950. – P. 251 – 254.

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ БИОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗАТОРА

А. С. Мясоедова

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

Вопросам построения моделей изображений уделяется самое пристальное внимание.



Рис. 1. Нормальный измерительный сигнал восходящей кинетической реакции



Рис. 2. Слабое изменение оптической плотности

Известно восемь статистических подходов к описанию изображений: с помощью автокорреляционных функций, оптических и цифровых преобразований, описаний в терминах структурных элементов, плотности перепадов, матрицы смежности значений яркости, длин серий и авторегрессионных моделей.

В работе используется автокорреляционная модель в силу того, что именно автокорреляционные функции являются наиболее подходящими признаками в данной ситуации.

На рисунках 1, 2 и 3 представлены различные виды измерительных сигналов биохимического анализатора.

Сигнал можно представить в виде массива отсчетов $U(m\Delta x, n\Delta y)$, где Δx и Δy – шаг квантования по осям абсцисс и ординат соответственно. Таким образом, фрагмент изображения размером $N \times N$ можно представить в виде матрицы

$$U(m\Delta x, n\Delta y) = \begin{pmatrix} u_{11} & u_{12} & \cdots & u_{1N} \\ u_{21} & u_{22} & \cdots & u_{2N} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ u_{N1} & u_{N2} & \cdots & u_{NN} \end{pmatrix}$$

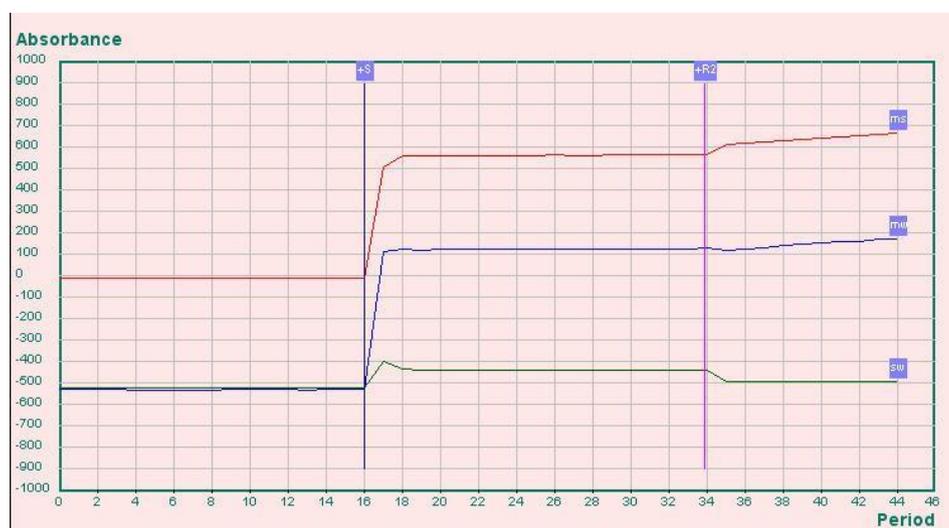


Рис. 3. Флуктуации оптической плотности

Автокорреляционные функции представленных изображений объектов вычисляются согласно выражениям:

$$R_n(x, x + \Delta x, y, y + \Delta y) = M \langle (u_n(m\Delta x, n\Delta y) - m_{u_n}) \cdot (u_n(m\Delta x, n\Delta y) - m_{u_n})^T \rangle ;$$

$$R_m(x, x + \Delta x, y, y + \Delta y) = M \langle (u_m(m\Delta x, n\Delta y) - m_{u_m}) \cdot (u_m(m\Delta x, n\Delta y) - m_{u_m})^T \rangle ;$$

$$R_s(x, x + \Delta x, y, y + \Delta y) = M \langle (u_s(m\Delta x, n\Delta y) - m_{u_s}) \cdot (u_s(m\Delta x, n\Delta y) - m_{u_s})^T \rangle .$$

Будем считать случайные процессы изменения размеров и положения фигур стационарными и эргодическими. В этом случае математическое ожидание векторов изображений можно найти путем вычисления среднего по ансамблю реализаций.

Таким образом, получены модели измерительных сигналов биохимического анализатора, отражающие отличия между ними и позволяющие получить характеристики сигналов для нахождения разделяющих признаков.

Библиографический список

1. Фролова, Т. А. Разработка информационной модели на примере гематологических анализаторов / Т. А. Фролова, А. Н. Севодина // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – 2020. – С. 283–284.

2. Севодина, А. Н. Оснащение клиничко-диагностической лаборатории центра превентивной медицины / А. Н. Севодина, Т. А. Фролова // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : сб. тр. – 2021. – С. 346 – 350.

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В ОСНАЩЕНИИ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОГО КАБИНЕТА

Д. Д. Окулов

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

Стоматологический кабинет – структурная единица, ограниченная одним помещением, располагающаяся в многопрофильных лечебно-профилактических учреждениях (ЛПУ). Иногда функционирует как самостоятельное учреждение (как правило, частное).

Для открытия стоматологического кабинета используется стандарт оснащения, включающий в себя более 20 пунктов медицинских изделий (стоматологическая установка, компрессор, наконечники и т.д.).

Предлагается расширить список стандарта оснащения, добавив ряд инновационных решений, позволяющих улучшить функциональность и удобство стоматологического кабинета.

Первым решением выступает стойка мобильная для телемедицины (рис. 1).

Телемедицина позволяет проводить дистанционную диагностику пациента, что способно увеличить поток пациентов, желающих проконсультироваться со специалистом, получая точные данные по состоянию своего здоровья.

Вторым решением выступает прибор для контроля гигиены полости рта (рис. 2).



Рис. 1. Стойка мобильная для телемедицины CleverMic ST-1



Рис. 2. Qscan Plus – прибор для контроля гигиены полости рта

Qscan Plus – это простое и эффективное средство для контроля гигиены полости рта, выявления деминерализации эмали, ранней диагностики кариеса и воспалительных заболеваний полости рта.

Прибор позволяет произвести быструю диагностику состояния полости рта, что ускорит работу специалиста.

Библиографический список

1. Фролов, С. В. Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.

2. 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.

3. Frolova, M. S. Regulations on Medical Devices in Different Countries / M. S. Frolova, S. V. Frolov, I. A. Tolstukhin // Transactions TSTU. – 2014. – V. 20(4). – P. 726 – 733.

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. : в 3 т. ; под общ. ред. В. А. Немтинова ; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Вып. 4, Т. 3. – С. 123 – 128.

РАЗРАБОТКА УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДИАГНОСТИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА С РАСШИРЕННОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬЮ

Д. Г. Старых, А. Ю. Куликов

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

Метод ультразвуковой диагностики – это современный метод клинической визуализации, основанный на отражении ультразвуковых волн. Современное ультразвуковое оборудование – это универсальная цифровая система высокого разрешения, которая может сканировать в любом режиме.

Для повышения качества оборудования и упрощения ремонта рекомендуется модернизировать ультразвуковой сканер с помощью встроенной системы самодиагностики. Это изменение конструкции позволяет нам быстро подготовить оборудование к эксплуатации, точно определить, какое оборудование вышло из строя в случае сбоя, и постоянно проверять, совпадает ли амплитуда акустической волны датчика оборудования с амплитудой акустической волны прототипа.

Многоканальный измеритель напряжения состоит из датчиков измерения напряжения с усилителем (DIN), преобразователя тока в напряжение (PTN), микроконтроллера (МС) с выходами генератора и системы индикации.

Преобразователь тока преобразует измеренное значение тока пьезоэлектрического элемента в пропорциональное напряжение для дальнейшего изме-

рения. Измеритель напряжения состоит из датчиков измерения напряжения, МС и системы индикации. Датчики измерения напряжения и система индикации подключены к микроконтроллеру через порты ввода-вывода. МК ROM используется для хранения рабочей программы МК, МК RAM используется для временного хранения полученных результатов. Результат измерения генерируется в одном из регистров общего назначения микроконтроллера. Принцип работы счетчика заключается в следующем. Датчик измерителя напряжения преобразует аналоговый сигнал напряжения в импульс, длительность которого пропорциональна значению измеряемого напряжения, а амплитуда соответствует уровню логической единицы для выбранной серии МП. Микропроцессорная система генерирует пусковые импульсы с заданной длительностью и периодом повторения, соответствующим точности измерения напряжения.

Микроконтроллер в цепи измерителя напряжения выполняет задачу программного управления опросом измерителя напряжения, формируя триггерные импульсы с заданной длительностью и периодом повторения.

Таким образом, при каждом обследовании результат измерения напряжения увеличивается на единицу и т.д. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не закончится формирование импульса на выходе аналоговой части измерителя напряжения (это указывает на появление $\log. 0$). Полученный результат измерения записывается в память микроконтроллера, а затем выводится на систему отображения.

Библиографический список

1. Фролов, С. В. Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.
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. Фролов, С. В. Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. – С. 112 – 117.
4. Потлов, А. Ю. Численное моделирование миграции фотонов в однородных и неоднородных цилиндрических фантомах / А. Ю. Потлов, С. В. Фролов, С. Г. Проскурин // Оптика и спектроскопия. – 2020. – Т. 128, Вып. 6. – С. 832 – 839.

5. Моделирование пульсирующих потоков крови для офтальмологических задач оптической когерентной томографии / С. В. Фролов, А. Ю. Потлов, Т. А. Фролова, С. Г. Проскурин // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. – 2020. – С. 47 – 55.

6. Фролов, С. В. Оценка механических свойств стенок кровеносных сосудов на основе использования эндоваскулярной оптической когерентной эластографии / С. В. Фролов, А. Ю. Потлов, Т. А. Фролова // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2020. – Т. 8, № 4. – URL : <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=837>

7. Система поддержки принятия врачебных решений для формирования протокола ультразвуковых исследований / С. В. Фролов, В. В. Дубровин, А. Ю. Куликов, Р. А. Куликов // Врач и информационные технологии. – 2019. – № 1. – С. 64 – 72.

ЛИГИРОВАНИЕ СОСУДОВ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОХИРУРГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Е. П. Евстигнеева

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: elizavetaevst44@gmail.com)

В современной лапароскопической хирургии технологии высокоэнергетического воздействия являются одними из основных способов рассечения тканей и обеспечения гемостаза. Традиционно применяются монополярная, биполярная, а также бесконтактная коагуляция, механические колебания ультразвуковой частоты и лазерная энергия. Моно- и биполярное электрохирургические воздействия позволяют останавливать лишь незначительные кровотечения из сосудов малого диаметра, бесконтактная коагуляция позволяет добиться гемостаза при диффузных капиллярных кровотечениях большой площади. В хирургии, традиционно, кроме этого, широко используется хирургический шов – механический и ручной, а также, последние несколько лет, высокочастотное электролигирование сосудов.

Лигирование сосудов (или реваскуляризация) – это медицинская процедура, при которой хирургически перевязываются или закрываются сосуды, чтобы прекратить кровотечение или предотвратить поступление крови в опре-

деленную область тела. Это может быть необходимо при различных хирургических операциях для лечения пораженных сосудов. Такие технологии позволяют осуществлять гемостаз сосудов диаметром до 7 мм.

Сам процесс лигирования заключается в следующем: на участок сосуда, захваченного электролигатором, подается «опрашивающий» импульс ВЧ тока, измеряющий сопротивление сдавленных стенок сосуда (рис 1). Получив данные, аппарат ЭХВЧ формирует коагуляционный сигнал необходимой силы, высушивающий сосудистый коллаген. Циклы подачи электрического тока чередуются с паузами до момента белковой денатурации и коллагенизации, затем раздается сигнал завершения. Весь процесс, в среднем, занимает около 5 с. Качественный результат достигается за счет выверенной силы механического сдавливания сосуда и контролируемой подачи ВЧ тока.

Преимущества ЭХВЧ лигирования:

- высокая скорость проведения манипуляций;
- отсутствие необходимости применения дополнительных принадлежностей (зажимов, клипс, шовного материала);
- возможность оперирования крупных сосудов до 7 мм;
- автоматизация процесса для снижения вероятности ошибки хирурга.



Рис. 1. Процесс лигирования

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.

6. Обработка разнодиапазонных изображений на базе матричных приборов с зарядовой связью / А. Н. Ветров, А. Ю. Потлов, С. В. Фролов, Д. Е. Судачков // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2022. – Т. 10. – № 1. – URL : <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1072>

НЕОНАТАЛЬНЫЕ ИНКУБАТОРЫ В ПЕРИНАТАЛЬНЫХ ЦЕНТРАХ ТАМБОВА

М. А. Любавина, С. В. Фролов

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

На данный момент в мире существует множество компаний, занимающихся разработкой и созданием неонатальных инкубаторов. В их число входят: немецкая компания Drager, американская компания GE Healthcare, японская компания АТОМ medical и другие компании, являющиеся лидерами в области разработки детских инкубаторов [1]. Проведя исследование, было выявлено какое оборудование установлено в Тамбовском перинатальном центре им. Марфы Тамбовской. В отделении патологии новорожденных и недоношенных детей имеются несколько полнофункциональных инкубаторов и лучевых обогревателей в одном модуле, а также транспортные инкубаторы в количестве трех экземпляров.

Рассмотрим подробнее модели данного оборудования. Количественно больше в перинатальном центре находится инкубаторов компании GE Healthcare модели GIRAFFE OMNIBED CARESTATION (рис. 1).

Данная модель, кроме базовых функций поддержания температуры, уровня влажности и кислорода, имеет возможность трансформации в открытую реанимационную систему Giraffe Warmer, обладает высоким уровнем мобильности в медицинских условиях, обеспечивает непрерывный обогрев при подключении системы Giraffe Shuttle, позволяет проводить цифровую рентгено-

графию без необходимости тревожить ребенка благодаря широкому ложу, поддону для рентгенкассеты, пропускающему рентгеновские лучи матрасу и большому зазору между ложем и матрасом.



Рис. 1. Внешний вид инкубатора Giraffe OmniBed Carestation

Для транспортировки новорожденного вне больничных условий, перинатальный центр имеет несколько транспортных куветов отечественного производителя «Уральский оптико-механический завод». Модель ИТН-01 предназначена для транспортировки из сельских больниц в медицинские учреждения города (рис. 2). Имеет 4 окна и фронтальную и боковую откидывающиеся стенки для удобства манипуляций с пациентом, двойные стенки колпака, способные снижать потерю влаги и тепла, морозостойкость в неблагоприятных погодных условиях, имеет два варианта транспортных тележек. Все эти составляющие позволяют обеспечить поддержание оптимальных параметров для новорожденного во время его транспортировки.



Рис. 2. Внешний вид инкубатора ИТН-01

Таким образом, можно сделать вывод о том, что перинатальный центр Тамбова имеет оборудование достойного уровня, способное спасти жизни большому количеству недоношенных новорожденных не только в рамках нашего города, но и за его пределами.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-29-00763, <https://rscf.ru/project/23-29-00763/>

Библиографический список

1. Савинова, К. С. Система контроля влажности для неонатального инкубатора / К. С. Савинова, А. А. Коробов // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : сб. тр. Восьмой Всерос. молодеж. науч. конф. – 2023. – С. 316 – 318.

2. Потлов, А. Ю. Риски инкубационной терапии / А. Ю. Потлов, Д. В. Павлов // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : сб. тр. Восьмой Всерос. молодеж. науч. конф. – 2023. – С. 312 – 314.

МОДЕРНИЗАЦИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО СКАНЕРА ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА «УНИСОН 2-03»

Д. Г. Старых, А. Ю. Куликов

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

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.

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.

Данные с других датчиков пациента (например, ЭКГ) также обрабатываются процессором.

Интерфейсный процессор ввода/вывода, который используется для форматирования входных данных, генерирует импульсы, передает их датчикам, которые направляют ультразвуковые волны в тело пациента.

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.

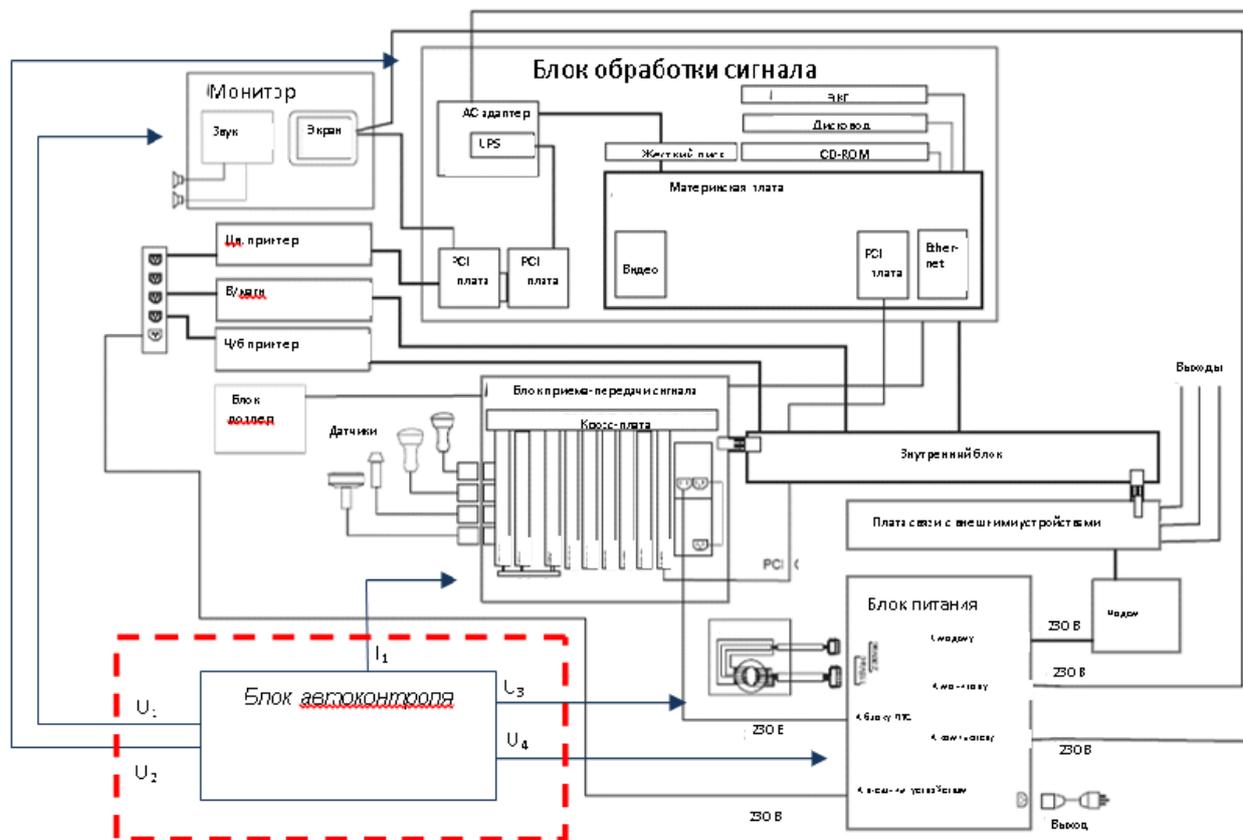


Рис. 1. Структурная схема модернизированного ультразвукового сканера

Библиографический список

1. Фролов, С. В. Рациональный выбор медицинской техники для лечебно-профилактического учреждения на основе системы поддержки принятия решений / С. В. Фролов, М. С. Фролова, А. Ю. Потлов // Врачи и информационные технологии. – 2014. – № 3. – С. 35 – 45.
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. Фролов, С. В. Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. – С. 112 – 117.

ЭЛЕКТРОХИРУРГИЧЕСКАЯ ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ СИСТЕМА С ХОЛОДНОЙ ПЛАЗМОЙ

Е. П. Евстигнеева

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: elizavetaevst44@gmail.com)

Электрохирургические высокочастотные системы (ЭХВЧ) расширили возможности современной хирургии и активно используются в общей и детской хирургии, нейрохирургии, травматологии, косметологии и других областей медицины. За последнее время аппараты ЭХВЧ значительно повысили свой спрос и стали более усовершенствованы. Наиболее перспективным направлением развития таких аппаратов является косметология. На инновационном решении было создано новое косметологическое устройство на холодной плазме.

Аппарат ЭХВЧ-100-МТУСИ – инновационная разработка отечественных инженеров, основанная на генерации холодного плазменного импульса токами высокой частоты (рис. 1). Он работает в режиме бесконтактной поверхностной коагуляции мягких тканей и оказывает малотемпературное высокочастотное воздействие на все слои кожи, в том числе, на подкожную жировую клетчатку.

Дуга холодной плазмы представляет собой ионизированный газ. Она возникает при комнатной температуре на кончике металлического наконечника ручки аппарата за счет протекания в нем токов высокой частоты.



Рис. 1. Аппарат ЭХВЧ-100-МТУСИ

Высокочастотные колебания электрического поля вызывают ионизацию кислорода, водорода, оксида углерода и других газов, находящихся в воздухе, которая и приводит к образованию плазменного дугового разряда. И так как различные вещества переходят в состояние дугового разряда при разной температуре, для образующейся плазмы свойственно термодинамическое неравновесное (низкотемпературное) состояние, почему ее и называют холодной или неравновесной. Из-за малого сечения проводника электрическое поле способно заряжать положительными и отрицательными зарядами минималистическое пространство, соответственно, при большой концентрации дуговой разряд имеет небольшую амплитуду и длину. У дуги имеется пульсирующий диапазон. Она воздействует на микроскопическую зону кожного покрова всего несколько миллисекунд и при этом: глубоко прогревает слои, не вызывая теплового разрушения клеток и ожогов; активизирует транспортную функцию клеточных мембран; насыщает клетки и кровь ионизированным кислородом.

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. V1. 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.

6. Обработка разнодиапазонных изображений на базе матричных приборов с зарядовой связью / А. Н. Ветров, А. Ю. Потлов, С. В. Фролов, Д. Е. Судачков // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2022. – Т. 10. – № 1. – URL : <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1072>

АНАЛИЗ СИГНАЛА ЭЭГ С ПОМОЩЬЮ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

И. А. Шаталова, В. В. Дубровин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: shatalova.02@mail.ru; dubrovin.tgtu@yandex.ru)

Для помощи врачу в анализе электроэнцефалограмм (ЭЭГ) необходимо создавать автоматизированные системы диагностики, позволяющие проводить предварительную обработку сигнала и определять отклонения посредством анализа характеристик сигнала.

Например, при эпилепсии нейроны мозга дают более активные реакции возбуждения и вступают в синхронизированную активность, что вызывает ряд феноменов, характеристики которых используются для определения болезней (рис. 1).

Определив указанные комплексы в анализируемом сигнале, можно сделать вывод о наличии или отсутствии признаков эпилепсии у пациента.

Предварительно необходимо улучшить качество записи сигнала, которое может быть подвержено внешним помехам, называемым артефактами. По своей природе различают артефакты физиологические и технические, последние могут быть устранены.

Артефакты удаляются с помощью фильтров, а дискретное вейвлет-преобразование разлагает полосу сигнала в подгруппы сигналов после фильтрации, что позволяет выделить необходимые частоты и провести анализ их характеристик.

Сравнивая результаты статистических расчетов параметров сигнала с отклонением с параметрами сигнала без отклонения, можно сделать вывод о вероятности наличия у пациента определенной болезни, например, эпилепсии.

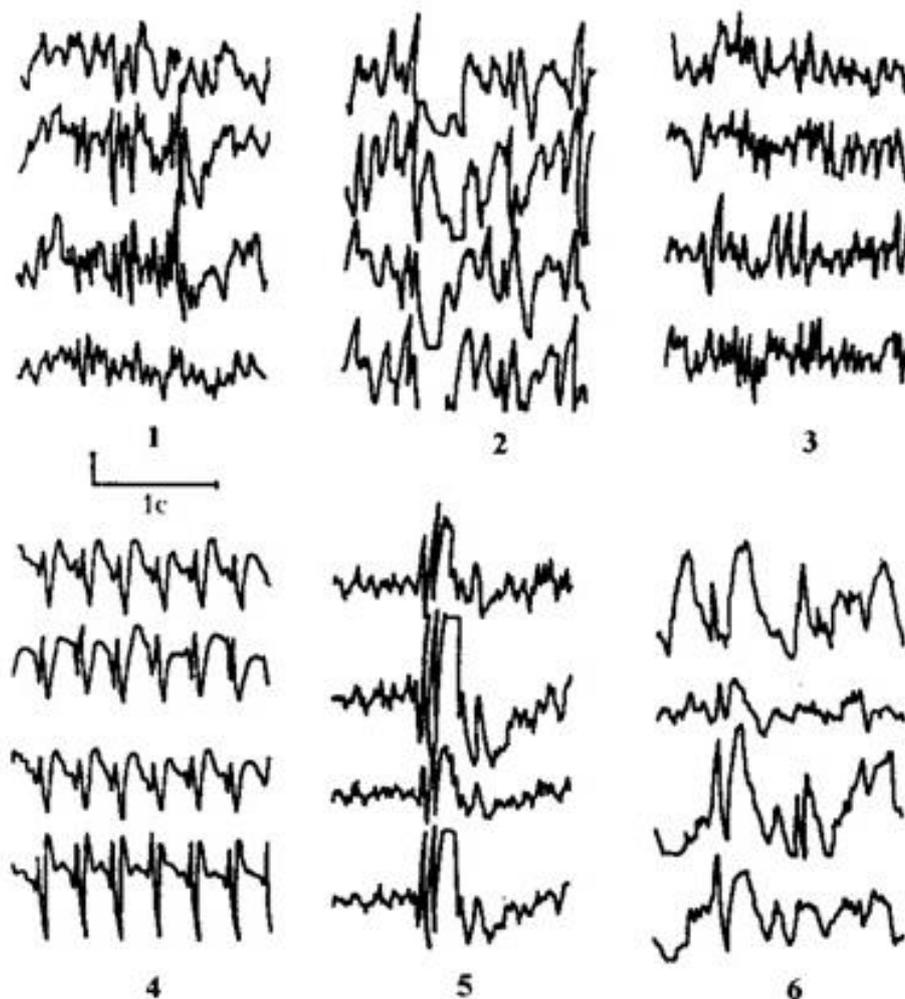


Рис. 1. Основные типы эпилептической активности:

1 – пики; 2 – острые волны; 3 – острые волны в β -ритме; 4 – пик-волна;
5 – множественные комплексы пик-волна; 6 – острая волна-медленная волна

Библиографический список

1. Судаков, Д. Е. Способ выявления и обработки зрительной информации на электроэнцефалограмме / Д. Е. Судаков, В. В. Дубровин // Энергосбережение и эффективность в технических системах : материалы VI Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов ; Тамбовский государственный технический университет. – 2019. – С. 411–412.
2. Смоленцев, Н. К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB : учебное пособие / Н. К. Смоленцев. – М. : ДМК Пресс, 2019. – 560 с.
3. Кропотов, Ю. Д. Количественная ЭЭГ, когнитивные вызванные потенциалы мозга человека и нейротерапия / Ю. Д. Кропотов – Донецк : Издатель Заславский А. Ю, 2010. – С. 512.

КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ СПЕКТРЫ МОЛЕКУЛ ГЛЮКОЗЫ В РАСТВОРАХ ВОДЫ

Д. С. Баршутина, А. С. Баршутина, С. Н. Баршутин

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

Неинвазивные методы измерения глюкозы в крови не получили распространения в связи с их низкой точностью и стабильностью получения результатов измерения. В основном, при измерении используют инфракрасное излучение в диапазоне длин волн от 780 до 1100 нм. В этом диапазоне глюкоза имеет наибольшую степень поглощения электромагнитного излучения [1], обусловленного валентными и комбинационными колебаниями в связях О–Н, валентными колебаниями в связи С–Н и комбинируемыми колебаниями в комбинации связи Н–С–Н. При этом для валентных колебаний в связи О–Н в рассматриваемом диапазоне длин волн возникают второй и третий обертоны колебаний с длиной волны 970 и 738 нм соответственно. Кроме того, при комбинируемом колебании в связи О–Н возникает первый и второй обертоны колебаний, которые имеют длину волны 1100 и 840 нм.

Валентные колебания в связи С–Н в диапазоне от 780 до 1100 нм имеют второй и третий обертоны колебаний с длинами волн 1100 и 910 нм. В комбинации связей Н–С–Н в заданном диапазоне длин волн присутствует колебание только третьего обертона с длиной волны 930 нм, второй обертоны имеет колебательный спектр с длиной волны 1215 нм.

В водных растворах сахара связь О–Н присутствует и в молекуле воды, поэтому отделение колебаний О–Н связи для молекул воды и глюкозы является трудной задачей. Кроме того, частота колебаний в связи О–Н имеет температурную зависимость, так, например, при увеличении температуры с -120 до 75 °С увеличивает частоту колебаний, а, соответственно, уменьшает длину волны колебательного движения атомов с 1040 до 970 нм.

Колебания связи С–Н в отношении температурной зависимости являются более стабильными, а, соответственно, третий обертоны колебаний в связи С–Н можно использовать для измерения и калибровки методов измерения сахара в водных растворах и в крови человека.

Исследования, проведенные группой ученых [2], представлены в виде графиков коэффициента поглощения глюкозы (рис. 1 график 1) и воды (рис. 1 график 2).

Сравнение данных работы авторов [1, 2] имеют некоторые отличия по длинам волн. Причина таких различий состоит в условиях проведения эксперимента, а также наличии для каждого обертона своей вероятности колебательного процесса. Таким образом, для воды в валентном колебательном процессе во втором обертоме с длиной волны 970 нм имеет более высокую вероятность. На этой длине волны не представляется возможным определять концентрацию глюкозы в растворе воды, так как глюкоза в диапазоне длин волн от 950 до 980 нм имеет минимальный коэффициент поглощения. Наиболее подходящий участок для осуществления измерения имеет диапазон от 1020 до 1050 нм, так в этом диапазоне по данным [2] наблюдается максимальный коэффициент поглощения.

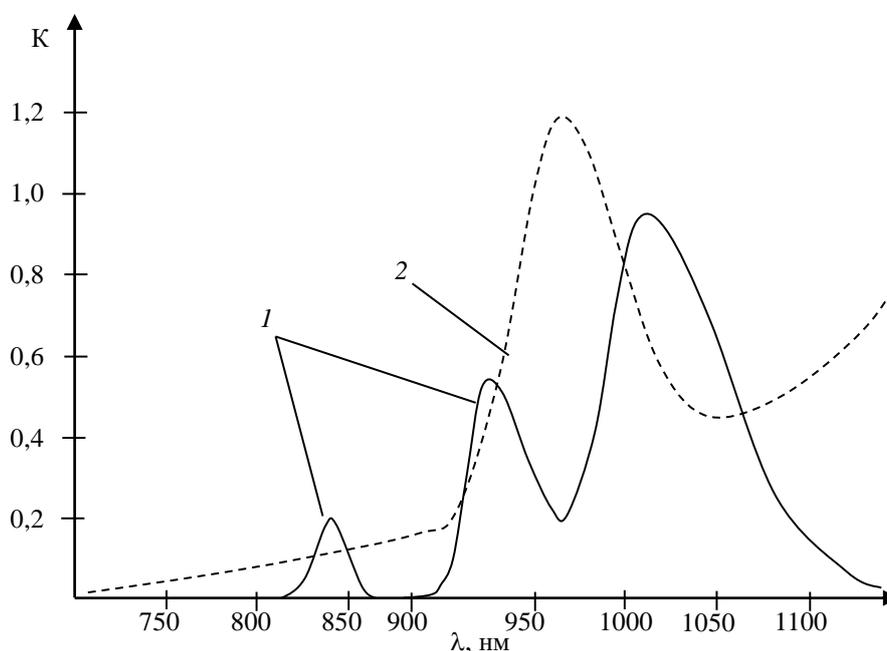


Рис. 1. Спектры поглощения глюкозы (1) и воды (2)

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.
2. Пат. № 2574571 С1 Российская Федерация, МПК А61В 5/145, А61В 5/00. Способ неинвазивного определения концентрации глюкозы в крови / Крыжановский Э. В., Аджемов А. С., Григорян А. Г. ; № 2014152166/14 ; заявл. 22.12.2014 ; опубл. 10.02.2016.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЕКЦИИ СВЕТА ОТ ИСТОЧНИКА ЧЕРЕЗ ДИФРАКЦИОННУЮ РЕШЕТКУ В ПОРТАТИВНОМ СПЕКТРОФОТОМЕТРЕ

В. П. Немов, А. В. Жидков, Л. А. Бондарева

Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, Орел, Россия
(e-mail: nemov-vitalik2014@yandex.ru)

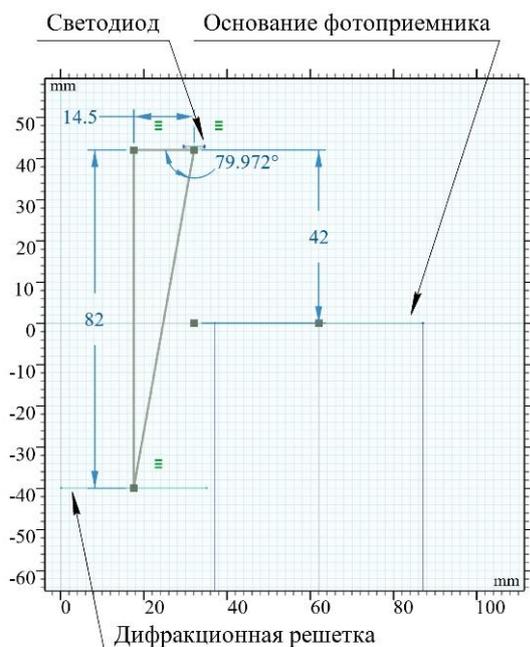
Кожа человека играет важную роль в функционировании всего человеческого организма, она выполняет защитные, терморегуляционные, выделительные функции [3]. По данным Федеральной Службы государственной статистики 35,6 человек на 1000 населения страдает болезнями кожи и подкожной клетчатки [1].

Также в области дерматологической медицины существуют инфекционные быстро прогрессирующие заболевания. С периода их инкубации до первичного поражения тканей носителя проходит 2 – 4 дня, что является сроком значительно меньшим, чем срок проведения дерматологических анализов для подтверждения этого диагноза [2]. Из этого следует актуальность разработки портативного устройства для экспресс-диагностирования состояния кожи.

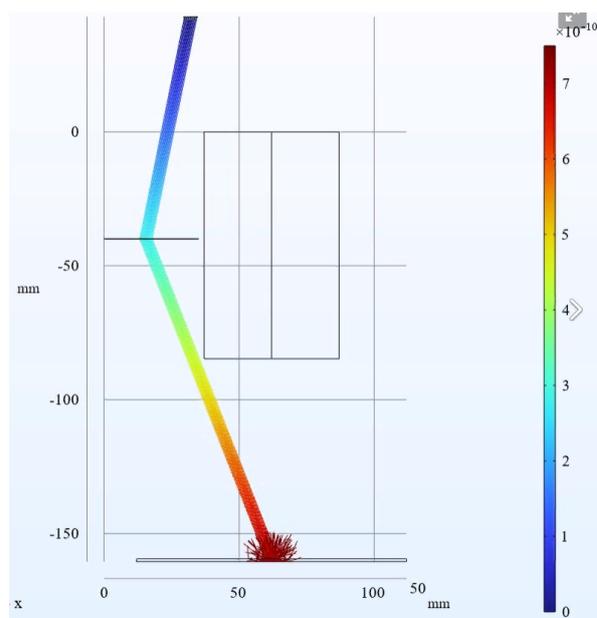
В качестве такого устройства предлагается разработка спектрофотометра с функцией матричного экспресс-сканирования участка кожи. При таком роде сканирования можно узнать спектральные характеристики множества точек кожного покрова, при этом область исследования ограничивается видимой областью камеры. При сравнении спектральных характеристик больной и здоровой кожи можно определить разницу состояний на структурном уровне, наличие специфических белков, форменных элементов и т.д., а затем сделать соответствующий вывод об этиологии заболевания кожи [3]. Результаты исследования доступны непосредственно после проведенного сканирования и могут быть использованы для диагностики и коррекции проводимого лечения.

Для возможности разработки прототипа спектрофотометра в COMSOL Multiphysics с применением оптического модуля была смоделирована проекция прохождения света от источника через дифракционную решетку до ПЗС-матрицы. На рисунке 1 представлены геометрические параметры моделируемой оптической системы.

Данная модель позволяет оценить габаритные размеры устройства и расстояния между основными элементами спектрофотометра. Возможность уменьшения габаритов устройства может быть реализована за счет перемещения осветительного устройства за основание фотоприемника.



а)



б)

Рис. 1. Геометрические параметры моделируемой оптической системы:

а – геометрические параметры модели; б – модель прохождения света с заданными геометрическими параметрами за 0,75 наносекунд

Основная задача дифракционной решетки проецировать разложенный свет на изучаемый объект, который находится строго перед объективным ПЗС-матрицы, что является обязательным условием. Из модели можно сделать вывод, что для выполнения этого условия излучение от источника света должно попадать на дифракционную решетку под углом 20 градусов к нормали.

Библиографический список

1. Калашникова, Р. В. История развития эпидемиологии и ее значение в борьбе с инфекционными заболеваниями / Р. В. Калашникова, А. Д. Родионова // Актуальные вопросы общественного здоровья и здравоохранения на уровне субъекта Российской Федерации. – 2021. – С. 64 – 68.
2. Асланян, К. А. Современные неинвазивные методы диагностики меланомы кожи / К. А. Асланян, В. С. Туманян // Актуальные проблемы экспериментальной и клинической медицины. – 2017 – 624 с.
3. Котрехова, Л. П. Диагностика и рациональная терапия дерматозов сочетанной этиологии / Л. П. Котрехова // Consilium Medicum (приложение «Дерматология»). – 2010. – Т. 4. – С. 6 – 11.

РАЗРАБОТКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРИЛОЖЕНИЯ САНИТАРНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ ДЛЯ ОТКРЫТИЯ И ПОЛУЧЕНИЯ ЛИЦЕНЗИИ НА ПОМЕЩЕНИЕ МЕДИЦИНСКОГО КЛИНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А. П. Кузнецова

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: kuznetsova2002tmbru@gmail.com)

Медицинская деятельность – многогранна и делится на разные профили. В связи с этим требования к помещениям, в которых осуществляется различная медицинская деятельность сильно отличаются. Вся информация, необходимая для открытия медицинского центра, расположена на общедоступных сайтах в разных нормативных документах и никак не структурирована. Так как лицо, организующее компанию, зачастую не знает всех требований, то не может учитывать их в полной мере.

Как следствие, на стадии проектирования и строительства происходят ошибки, что несет в себе большие экономические и временные затраты.

На основе выявленной проблемы была составлена схема процесса получения лицензии (рис. 1).

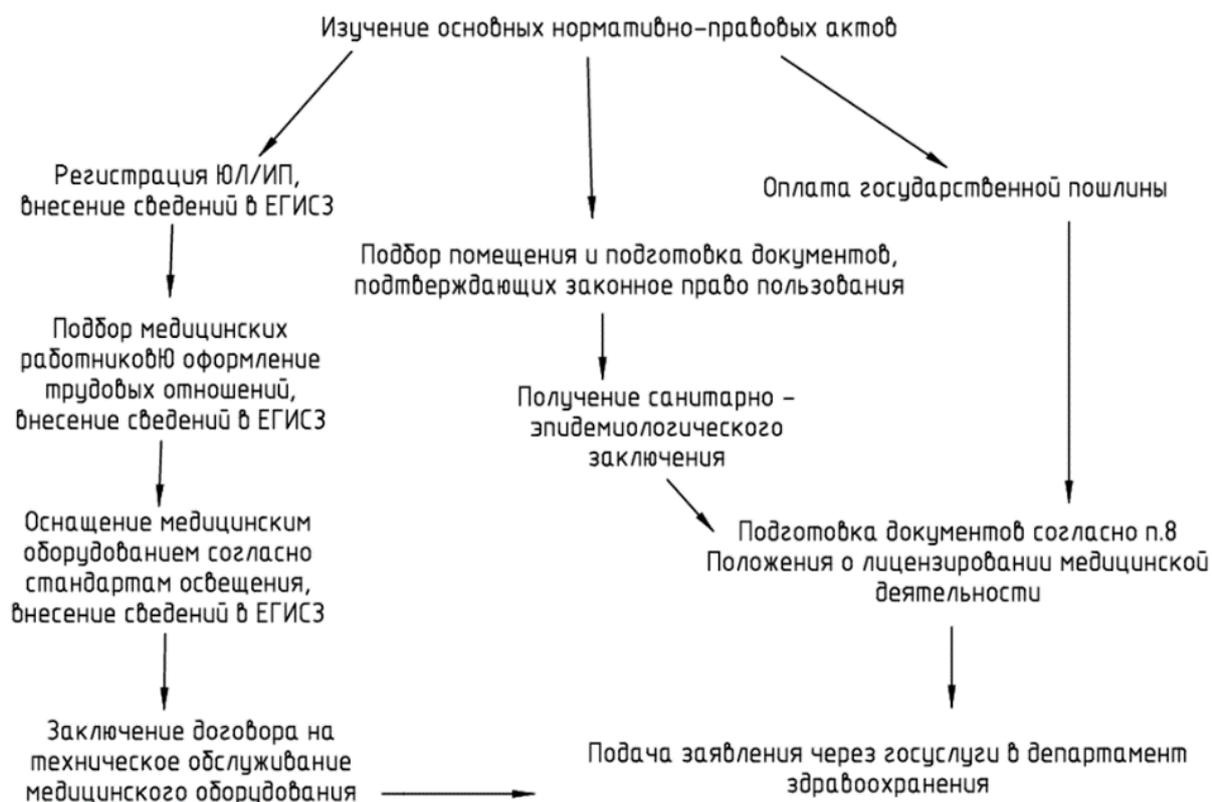


Рис. 1. Схема получения лицензии на осуществление медицинской деятельности

Для облегчения проектирования, строительства, ввода в эксплуатацию и открытия клиники, а также получения лицензии, было решено создать приложение, которое будет содержать всю базу нормативно-правовой документации для открытия медицинского центра. Главная цель этого приложения структурировать все требования к помещениям по типам оказываемых медицинских услуг.

При запуске программы открывается окно, в котором нужно выбрать из имеющегося списка: предоставляемые услуги; необходимые кабинеты; врачи каких специальностей будут в клинике; виды диагностических исследований; сегмент на рынке (эконом, middle, VIP); тип медицинской организации: амбулаторный прием, клиника стационарного типа, лаборатория и др.

При корректном заполнении всей информации, программа выдает ряд требований, необходимых для реализации услуг выбранного типа, таким образом позволяя охватить разом весь спектр нормативно-правовой документации и сократить временные и экономические затраты.

Библиографический список

1. О лицензировании отдельных видов деятельности : федер. закон от 04.05.2011 № 99-ФЗ.

2. Санитарно-эпидемиологические требования к эксплуатации помещений, зданий, сооружений, оборудования и транспорта, а также условиями деятельности хозяйствующих субъектов, осуществляющих продажу товаров, выполнение работ или оказание услуг : Санитарные правила СП 2.1.3678-20.

3. О лицензировании медицинской деятельности (за исключением указанной деятельности, осуществляемой медицинскими организациями и другими организациями, входящими в частную систему здравоохранения, на территории инновационного центра «Сколково») и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации : постановление Правительства РФ от 01.06.2021 № 852.

4. Здания и помещения медицинских организаций. Правила проектирования : Свод правил. СП 158.13330.2014.

5. Об утверждении перечня оборудования для оснащения и переоснащения медицинских организаций при реализации региональных программ модернизации первичного звена здравоохранения : приказ Минздрава России от 28.12.2020 № 1379н.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. РАДИОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

<i>Гольдштейн В. Н., Шатовкин К. Р.</i> Анализ существующих алгоритмов выбора лидера в распределенных системах обработки информации	3
<i>Гольдштейн В. Н., Королев Н. Ю.</i> Анализ существующих алгоритмов определения высоты полета летательного аппарата в режиме огибания рельефа.....	5
<i>Окуньков А. Г., Шатовкин Р. Р.</i> Рекомендации по совершенствованию облика беспилотного летательного аппарата для реализации совместных действий с пилотируемой авиацией при решении оперативно-тактических задач	7
<i>Окуньков А. Г.</i> Рекомендации по практической реализации математического и алгоритмического обеспечения системы управления полетом беспилотного летательного аппарата	9
<i>Шатовкин К. Р.</i> Анализ существующих направлений моделирования процесса мышления	11
<i>Ходулина Е. А., Шатовкин Р. Р.</i> Анализ алгоритмов поиска пути минимальной стоимости в графе	13
<i>Ходулина Е. А.</i> Сравнительный анализ алгоритмов поиска кратчайшего пути в графе, когда маршрут существует	15
<i>Стариков А. В., Макаров А. С.</i> Оптимизация режима работы генератора с внешним возбуждением	18
<i>Некрылов И. А., Аустов В. С.</i> Алгоритм фильтрации оценки азимута с учетом дополнительной информации воздушного судна	20
<i>Шитов А. Н., Шпилёв Д. П., Бегляминов Р. А.</i> Оценивание точности позиционирования сопла 3D-принтера	22
<i>Шитов А. Н., Шпилёв Д. П., Бегляминов Р. А.</i> ПИД-регулятор позиционирования сопла 3D-принтера.....	24
<i>Азима Ю. Р.</i> Краткий обзор датчиков слежения за воздушными малоразмерными объектами.....	26
<i>Азима Ю. Р.</i> Особенности слежения за маневренными летательными аппаратами с малой эффективной поверхностью отражения	29
<i>Сустин А. И., Пудовкин А. П.</i> Информационно-измерительная и управляющая система для оценки дальности до воздушного судна с третичной обработкой информации с повышенной точностью.....	31
<i>Антоничев Д. Р., Панасюк Ю. Н.</i> Разработка математической модели измерителя дальности со случайной структурой систем	35
<i>Кожевников А. С.</i> Модель линии связи на основе модуляции OFDM	37
<i>Сычев Д. О., Зайцев И. В., Колмыкова А. С.</i> Имитационная модель оценки разборчивости речи в системах аналоговой радиосвязи.....	39
<i>Евстафьев П. Д.</i> Контроль качества радиоэлектронных компонентов рентгенографической системой.....	41
<i>Нгуен Д. Х., Во Т. Х.</i> Диагностика дефектов в аналоговой радиоэлектронной схеме методом отжига	43
<i>Попов В. В.</i> Принцип работы передатчика четвертого поколения с повышенной энергетической эффективностью	45
<i>Кольтюков Н. А., Гуцин Н. А.</i> Энергосберегающее управление гибридными объектами	47

<i>Кольтюков Н. А., Гуцин Н. А.</i> Обзор методов и средств оптимального управления гибридными объектами	49
<i>Сизов М. В.</i> Анализ языков программирования для работы программируемой логической интегральной схемы.....	51
<i>Сизов М. В., Пудовкин А. П.</i> Цифровой интерфейс для связи цифровой вычислительной машины с внешними устройствами	53
<i>Мельников А. А.</i> Сети мобильной связи шестого поколения: технологические достижения и перспективы развития	54
<i>Хрипченко А. Е.</i> Алгоритм оценивания коррелированной составляющей погрешности гироскопа	56
<i>Кокорев А. С., Терентьев Д. С.</i> Анализ областей применения сенсорных экранов	58
<i>Балыбердин Ю. А., Волков Г. А., Резчикова Е. В.</i> Семантическая классификация датчиков температуры	60
<i>Глухов С. А., Терентьев Д. С., Шувалова А. А.</i> Активная защита акустических сенсорных экранов от дестабилизирующих воздействий	62
<i>Рябов И. Д., Панасюк Ю. Н.</i> Алгоритм дальномерного канала с адаптивной фильтрацией	64
<i>Рябов И. Д., Антоничев Д. Р.</i> Методы адаптивной фильтрации	66
<i>Каданцев Д. А.</i> Автоматизированное управление СВЧ-генератором стенда для обеспечения измерений электрических параметров бортовой цифровой вычислительной машины	68
<i>Степанова А. В., Чистилин Д. А.</i> Разработка математической модели радиолокационной системы с синтезированием апертуры антенны	70
<i>Каптилов П. А., Чистилин Д. А.</i> Помехоустойчивость типовой бортовой РЛС с синтезированием апертуры антенны.....	72
<i>Костюк А. В., Колесников А. М., Останков А. В., Слинчук С. А.</i> Модель экспресс-расчетов затухания сигнала в радиолинии через здания и сооружения.....	74
<i>Долматов А. В., Фам Суан Хань.</i> Особенности виртуального испытания при проведении испытаний надежности радиоэлектронных устройств	75
<i>Татаринцев Ю. Н.</i> Вихретоковый метод двухчастотного контроля толщин двухслойных материалов в электронной технике	77
<i>Иванов А. А.</i> Точность определения местоположения навигационной системой на основе спутниковой радионавигационной системы	79
<i>Иванов А. В., Акулов Д. В., Марон Е. А.</i> Выявление аномальных измерений спутниковых радионавигационных систем в навигационном комплексе подвижного объекта.....	81
<i>Лежнева Н. А.</i> Навигационно-посадочный комплекс на основе глобальной навигационной спутниковой системы и радиовысотомера	83
<i>Шишкин А. Г., Слинчук С. А.</i> Формирование диаграммы направленности специальной формы на основе антенной решетки методом оконных функций	85
<i>Долгих Н. Д., Сукачева Е. А., Сукачев А. И., Кузьменко Р. В.</i> Анализ датчиков измерения расстояния, используемых в роботизированных логистических системах	87
<i>Данилов С. Н.</i> Технология применения микроконтроллеров и микропроцессоров в технических системах.....	89
<i>Евстафьев П. Д.</i> Влияние рентгеновских лучей на радиокомпоненты	93
<i>Хренова Ю. Г., Ковалевская В. В.</i> Улучшение диаграммы направленности линейной равноамплитудной антенной решетки	95
<i>Вагнер В. С., Останков А. В.</i> Линейная периодическая антенна с высоким коэффициентом усиления	97
<i>Круглов А. В., Печаткин А. В.</i> Анализ применимости методики размерных цепей для назначения допусков топологических элементов СВЧ устройств.....	99

<i>Костина А. А., Кузнецова А. М., Смирнова Н. М.</i> Гибрид малого гексакоптера и дирижабля для массовых рекламных мероприятий	101
<i>Перепелкина А. С., Савичева М. А.</i> Термоизолированный бокс для обеспечения температурного режима Li-Po-аккумуляторов	103
<i>Поляков К. А., Морозов А. М.</i> Универсальная платформа для калибровки и программирования малых беспилотных воздушных судов в режиме вынужденного ожидания.....	105
<i>Каданцев Д. А.</i> Выбор языка программирования для разработки программы автоматизации управления генератором стенда для обеспечения измерений электрических параметров бортовой цифровой вычислительной машины.....	107
<i>Хомутков В. А.</i> Алгоритм программы для оптимизации выходной мощности клистрона	109
<i>Хомутков В. А.</i> Цифровая обработка сигнала для обеспечения оптимизации выходной мощности клистрона.....	111
<i>Баршутина Д. С., Баршутин С. Н.</i> Исследование импульсного генератора на триггере Шмитта.....	113
<i>Иванов А. В.</i> Математическая модель сигнала на выходе следящей системы аппаратуры приема сигналов спутниковой радионавигационной системы.....	115
<i>Иванков А. А., Понкратов Д. О.</i> Проверка адекватности модели высокоманевренной цели.....	117
<i>Иванков А. А., Понкратов Д. О.</i> Метод адаптивно-вероятностной привязки траекторий БПЛА в системе многопозиционной радиолокации	119
<i>Медведев А. Е., Медведев И. С.</i> Влияние технических параметров РЛС на ее дальность обнаружения	121
<i>Медведев А. Е., Медведев И. С.</i> Влияние параметров станции разведки на дальность радиотехнической разведки	123
<i>Мордовин А. В., Иванов А. А., Лежнева Н. А., Москвитин С. П.</i> Экспериментальное исследование появления аномальных измерений спутниковых навигационных систем....	125
<i>Адамова А. А.</i> Экспертные методы управления технологичностью в приборостроении	127
<i>Балыбердин Ю. А., Резчикова Е. В., Соловьев В. А., Фан К. Ф.</i> Морфологический анализ уровней.....	129
<i>Антонов Е. А.</i> Чувствительность многомодельного фильтра к изменению входного сигнала	131
<i>Антонов Е. А.</i> Основные проблемы обнаружения малых БПЛА.....	133

Секция 2. ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ, ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И СВЯЗИ

<i>Суслин М. А.</i> Метод контроля свободной воды реактивных топлив пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов	136
<i>Волкова Т. В., Бодин О. Н., Лямзин Н. В.</i> Измерительные системы учета и контроля качества электрической энергии на основе трехфазных счетчиков нового поколения.....	138
<i>Зырянов Ю. Т., Колычев С. А., Наумова А. Ю.</i> Использование системы «Эрлан» для управления техническим состоянием беспилотных воздушных судов.....	140
<i>Колычев С. А.</i> Особенности применения информационной управляющей системы «Эрлан» для управления техническим состоянием беспилотных воздушных судов	141
<i>Чернышов Н. Г., Албахри М.</i> Каскадные многоуровневые инверторы с двухуровневыми ячейками	143
<i>Чернышов Н. Г., Албахри М.</i> Многоуровневые инверторы и методы их управления.....	145

<i>Чернов П. В., Медведев И. П.</i> Алгоритмы обучения нейронных сетей на основе метода синтезированных апертур для комплексов обнаружения беспилотных воздушных судов с малой радиозаметностью.....	147
<i>Балашов А. А., Корпусов Д. В., Мещерякова М. С., Корябкин Ю. С.</i> Информационно-измерительная система контроля надежности тепловых сетей	149
<i>Скоморохов К. В., Селиванова З. М.</i> Применение алгоритма классификации при контроле теплофизических параметров объектов исследования информационно-измерительной системой	151
<i>Денисова Д. И., Селиванов К. В.</i> Оценка эффективности ветрогенераторов.....	153
<i>Медведев И. П., Чернов П. В.</i> Определение зоны действия пеленгатора при работе с активным радиоэлектронным средством на БПЛА	155
<i>Сегизбаева Б. Р., Кутузов Д. В.</i> Сравнительный анализ методов машинного обучения при краткосрочном прогнозировании трафика 5G	157
<i>Нури А. Н. Н., Дмитриевцев А. Ю., Мельников А. А., Наумова А. Ю.</i> Обоснование структуры экспертной системы для оценки технического состояния объектов контроля	159
<i>Дмитриевцев А. Ю., Нури А. Н. Н., Зырянов Ю. Т.</i> Особенности применения экспертных систем для оценки технического состояния объектов контроля.....	161
<i>Кирюпин М. М.</i> Эффективные методы обнаружения беспилотных летательных аппаратов	163
<i>Магомедов Н. И., Полкунов К. А.</i> Использование нейронных сетей для улучшения точности определения координат цели в системе управления сканирующей антенной решетки моноимпульсного радиолокатора в диапазоне W	164
<i>Грибков А. Н., Буранова Н. Г.</i> Концепция построения интеллектуальной системы управления теплоэнергетическими объектами	166
<i>Полкунов К. А., Магомедов Н. И.</i> Использование нейросетей для идентификации изображений в системах управления беспилотных летательных аппаратов.....	168
<i>Брылина С. В., Мех Н. С.</i> Создание единой системы нормирования электромагнитного поля.....	170
<i>Незнанов А. И., Подмастерьев К. В., Воронков А. А.</i> Датчики путевых машин для измерения возвышений рельс	172
<i>Коньшин А. А., Тюрин И. В.</i> Недостатки при эксплуатации модуля посадочного радиолокатора, меры для их устранения	174
<i>Коньшин А. А., Тюрин И. В.</i> Предложения по модернизации модуля посадочного радиолокатора	175
<i>Четверикова М. К.</i> Влияние шумов антропогенного характера при строительстве микрорайонов города Владивосток	177
<i>Блаженков Д. Д., Шинин Д. А., Смирнова Н. М.</i> Лабораторный стенд для исследования MEMS барометров малых воздушных беспилотных судов.....	179
<i>Бакин И. В., Бесов С. А., Беляева М. М.</i> Лабораторный стенд для исследования ПИД-регуляторов электродвигателей малых беспилотных воздушных судов	181
<i>Орлов К. С., Кулешова П. А., Печаткин А. В.</i> Интерактивный лабораторный стенд для исследования винтомоторных групп малых беспилотных воздушных судов	183
<i>Леонидова М. А., Паршин В. Е., Беляева М. М.</i> Модульный лабораторный стенд для изучения MEMS гироскопов, акселерометров и магнитных компасов малых беспилотных воздушных судов	185
<i>Аштаев М. Г., Маслов А. М.</i> Микропроцессорный измеритель расстояний.....	187
<i>Гусев М. Р., Глушко А. А.</i> Перспективы применения нейронных сетей для моделирования элементной базы микроэлектроники	189
<i>Сайфуллозода К. С.</i> Технологии и оборудование для расчета зон покрытия, использование специализированного программного обеспечения и аппаратных решений для оптимизации сетей LTE.....	191

<i>Журавлёв Д. В., Резниченко А. А.</i> Управление робототехническим устройством с помощью асинхронного нейрокомпьютерного интерфейса	193
<i>Попов О. Н., Кутуков А. С.</i> Исследование системы контроля качества двухслойных материалов	195
<i>Попов О. Н., Кутуков А. С.</i> Измерительная система контроля качества двухслойных объектов	197
<i>Захарова А. Д., Рыжов Ф. С., Лосев Е. А., Жалнин В. П.</i> Проблематика развития методов литографии	199
<i>Власов А. И., Волков Г. А.</i> Визуальные модели гибридных энергосистем	201
<i>Бардик Э. Р., Власов А. И., Киселев П. Д.</i> Анализ временной и пространственной сложности программных систем	203
<i>Бардик Э. Р., Киселев П. Д., Селиванов К. В.</i> Исследование протоколов информационного взаимодействия сложных энергосистем	206
<i>Чернышова Т. И., Курносоев Р. Ю.</i> Оценка метрологической надежности программно-определяемой радиоплатформы	208
<i>Курносоев Р. Ю., Трофимов А. С.</i> Алгоритм управляющей программы при исследовании точностных характеристик преобразователя напряжение-код	210
<i>Чернышова Т. И., Курносоев Р. Ю., Карелин П. И.</i> Повышение показателей метрологической надежности при проектировании информационно-измерительных систем	212
<i>Остроухов Д. Ю., Чернышов В. Н.</i> Микроволновый метод бесконтактного неразрушающего контроля ТФХ-объектов с компенсацией влияния дестабилизирующих факторов на результаты измерений	214
<i>Сазбаков З. С., Койчуманова Ж. К.</i> Разработка информационной системы «Учет аудиторного фонда КГ-МИ имени академика У. Асаналиева»	216
<i>Суййндук Азатбек уулу, Джакыпбеков К. Дж.</i> Информационные системы безопасности «Умного дома»	218

Секция 3. ПРОБЛЕМЫ БИОТЕХНИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

<i>Кузнецов А. А.</i> Параметрическое исследование циркадианных ритмов	222
<i>Кузнецов А. А.</i> Параметрическое исследование инфрадианных ритмов	224
<i>Кузнецова А. В.</i> Анализ работы современного кардиорегистратора	226
<i>Кузнецова А. В.</i> Магнитно-резонансная ангиография сердца и коронарных артерий	228
<i>Сеченева Е. В., Моргунов Н. Р.</i> Перспективные направления развития фотометров в медицине	229
<i>Сеченева Е. В., Моргунов Н. Р.</i> Аппаратный комплекс КМД ПО (АО «ТВЕС»): инновационное решение для комплексной диспансеризации пациентов	231
<i>Нечай А. А., Медведева А. В., Леонов В. В.</i> Выявление артефактов в звуковом сигнале с применением нейросетевого анализа	233
<i>Медведева А. В., Нечай А. А., Леонов В. В.</i> Разработка механизма функционирования электронной книги шрифта Брайля	235
<i>Павлов А. Э., Павлов П. П.</i> Разработка миниатюрного многоканального электроэнцефалографа	237
<i>Еськов В. М., Григоренко В. В.</i> Системы принятия решений на искусственных нейросетях	239
<i>Судаков Д. Е.</i> Исследование модели пульсирующего сердца с дефектом межжелудочковой перегородки	241
<i>Судаков Д. Е.</i> Исследование экспоненциальной зависимости параметров сердечно-сосудистой системы от возраста	243

<i>Петрунина Е. В., Пшеничный А. Е., Ермаков Д. А., Ефремов М. Ю.</i> Биотехническая система с персонифицированной виртуальной реальностью.....	245
<i>Алавси Х. А. Х., Песок В. В., Фатнев Д. А., Селихова К. Н.</i> Классификатор функционального состояния системы дыхания.....	247
<i>А. В. Серебровский, Шаталова О. В., Лях А. В.</i> Классификатор риска рака молочной железы на основе импедансометрии с учетом анизотропии биоматериала.....	249
<i>Аль-Дарраджи Ч. Х., Кузьмин А. А., Сухомлинов А. Ю.</i> Комбинированный классификатор контура поджелудочной железы на ультразвуковых изображениях	251
<i>Ширкина Е. С.</i> Актуальность разработки системы для тренировки управления бионическим протезом предплечья.....	253
<i>Крушатина Н. Н.</i> Перспективы развития медицинских фотоэлектрических фотометров	255
<i>Мовсесян А. С.</i> Перспективы развития рН-метров в медицинской практике	257
<i>Ушаков А. Ю.</i> Разработка математической модели системы дыхания человека.....	259
<i>Приземин В. Н., Савин А. С., Кириллин М. Ю., Потапова Е. В.</i> Применение оптических методов диагностики для исследования метаболизма опухолей молочной железы.....	261
<i>Рубцова Е. Н., Пуговкин А. А., Тельшев Д. В.</i> Структурно-параметрическая идентификация и оптимизация биотехнической системы управления одножелудочковым кровообращением.....	263
<i>Попов И. А.</i> Информационная модель биохимического анализатора.....	265
<i>Гуров А. М.</i> Цифровой двойник: вклад в медицину и перспективы развития	267
<i>Яркин О. А.</i> Перспективы развития неинвазивных глюкометров	269
<i>Назаров Р. С.</i> Модернизация спектрофотометра путем разработки метода автоматизированных расчетов.....	270
<i>Макареева О. В.</i> Перспективы применения электроэнцефалографии.....	272
<i>Журавлев Д. В., Летов Н. А.</i> Исследование резистивных и емкостных электродов для использования в асинхронных нейроинтерфейсах	274
<i>Фролов С. В., Коробов А. А., Савинова К. С.</i> Моделирование процессов метаболизма недоношенных новорожденных	276
<i>Крутикова В. Ю., Закураева К. А., Ярмолинская М. И., Потапова Е. В.</i> Анализ влияния эндометриоидных кист на перфузионно-метаболические характеристики ткани яичников	278
<i>Штыркова С. Р., Дубровин В. В.</i> Определение длительности и амплитуды Р-зубца по ЭКГ	280
<i>Ильин Г. П., Окулов Д. Д.</i> Программа классификации медицинских изображений на основе сверточной нейронной сети.....	281
<i>Степанова А. Ю., Новикова Е. И.</i> Проектирование и расчет надежности электропунктурного стимулятора	283
<i>Долгов Е. П.</i> Управление вдохами и их согласование как характеристика режима ИВЛ ...	287
<i>Гришина А. В., Сорока Н. О.</i> Уменьшение шумов ЭКГ-сигнала с синдромом Вольфа–Паркинсона–Уайта	289
<i>Сорока Н. О., Гришина А. В.</i> Фильтрация изображений в частотной области	291
<i>Паршакова В. Е., Локтионова Ю. И., Жарких Е. В., Дунаев А. В.</i> Оценка изменений параметров микроциркуляции крови после проведения когнитивного теста методом лазерной доплеровской флоуметрии	293
<i>Подмастерьев К. В., Жидков А. В., Денисов Д. В.</i> Исследование биоимпеданса в зависимости от площади электродов	295
<i>Юрлов С. И.</i> Пути повышения надежности паровых стерилизаторов.....	297
<i>Трушин Д. И.</i> Неинвазивный глюкометр	298
<i>Абделькарим М., Черешнев В. О., Проскурин С. Г.</i> Декомпозиция и частотные характеристики цифрового электрокардиосигнала	300

<i>Поликарпов А. А.</i> Моделирование процессов регуляции сердечно-сосудистой системы ...	302
<i>Тавила Ф., Черешнев В. О., Проскурин С. Г.</i> Спеклы структурных изображений сосудов в оптической когерентной томографии	304
<i>Щеголев И. В.</i> Робототехника в медицине. Вспомогательные медицинские роботы	305
<i>Долгов Я. В.</i> Искусственное сердце. Устройство TOTAL ARTIFICIAL HEART	307
<i>Любавина М. А., Потлов А. Ю.</i> Перспективы развития неонатальных инкубаторов	309
<i>Шнякина Я. И., Аветисян А. Р., Фролова Т. А.</i> Методика подбора медицинского оборудования в соответствии со стандартом оснащения	311
<i>Штыркова С. Р., Павлов Д. В., Плющев А. С.</i> Инновационные методы диагностики в стоматологии	313
<i>Дудина Е. А.</i> Техническое и визуальное оснащение кабинета аппаратных методов лечения	315
<i>Дудина Е. А.</i> Совершенствование аппаратов для RF-лифтинга и их внедрение для поддержки организма на ранней стадии	317
<i>Ильин Г. П.</i> Инновации в оснащении гибридной операционной	319
<i>Филиппов А. Д.</i> Новые платиновые катализаторы для биохимических анализаторов SHIMADZU	321
<i>Халытина Л. А., Коробов А. А., Савинова К. С.</i> Неонатальный мониторинг	323
<i>Челмодеева Д. С.</i> Телестоматология. Устройство SCANBOX технологии DENTAL MONITORING	325
<i>Альбегли Ахмед Хасан Ахмед.</i> Выбор ультразвуковых датчиков	327
<i>Йонти А. Кенне.</i> Диализный аппарат DIALOG производства В. BRAUN	329
<i>Лычагина В. О., Фролова Т. А.</i> Анализ динамических характеристик биотехнической системы для выращивания растений	331
<i>Фосси К. Л. Магне.</i> MIR SPIRODOC – профессиональный портативный спирометр	333
<i>Мясоедова А. С.</i> Построение математической модели измерительных сигналов биохимического анализатора	335
<i>Окулов Д. Д.</i> Инновационные решения в оснащении стоматологического кабинета	337
<i>Старых Д. Г., Куликов А. Ю.</i> Разработка ультразвукового диагностического устройства с расширенной функциональностью	339
<i>Евстигнеева Е. П.</i> Лигирование сосудов с помощью электрохирургических систем	341
<i>Любавина М. А., Фролов С. В.</i> Неонатальные инкубаторы в перинатальных центрах Тамбова	343
<i>Старых Д. Г., Куликов А. Ю.</i> Модернизация ультразвукового сканера отечественного производства «УНИСОН 2-03»	345
<i>Евстигнеева Е. П.</i> Электрохирургическая высокочастотная система с холодной плазмой	347
<i>Шаталова И. А., Дубровин В. В.</i> Анализ сигнала ЭЭГ с помощью Вейвлет-преобразований	349
<i>Баршутина Д. С., Баршутина А. С., Баршутин С. Н.</i> Колебательные спектры молекул глюкозы в растворах воды	351
<i>Немов В. П., Жидков А. В., Бондарева Л. А.</i> Моделирование проекции света от источника через дифракционную решетку в портативном спектрофотометре	353
<i>Кузнецова А. П.</i> Разработка и автоматизация приложения санитарных и технических требований для открытия и получения лицензии на помещение медицинского клинического назначения	355

Научное электронное издание

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

**IX ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ, МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ,
ПОСВЯЩЕННАЯ «ДНЮ РАДИО И СВЯЗИ»**

**Сборник трудов
(Тамбов, 7 мая 2024 г.)**

Редактирование: И. В. Калистратовой, Е. С. Мордасовой
Графический и мультимедийный дизайнер Т. Ю. Зотова
Обложка, упаковка, тиражирование Т. Ю. Зотовой

ISBN 978-5-8265-2785-6



Подписано к использованию 18.06.2024.
Тираж 100 шт. Заказ № 77

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14
Телефон: (4752) 63-81-08
E-mail: izdatelstvo@tstu.ru