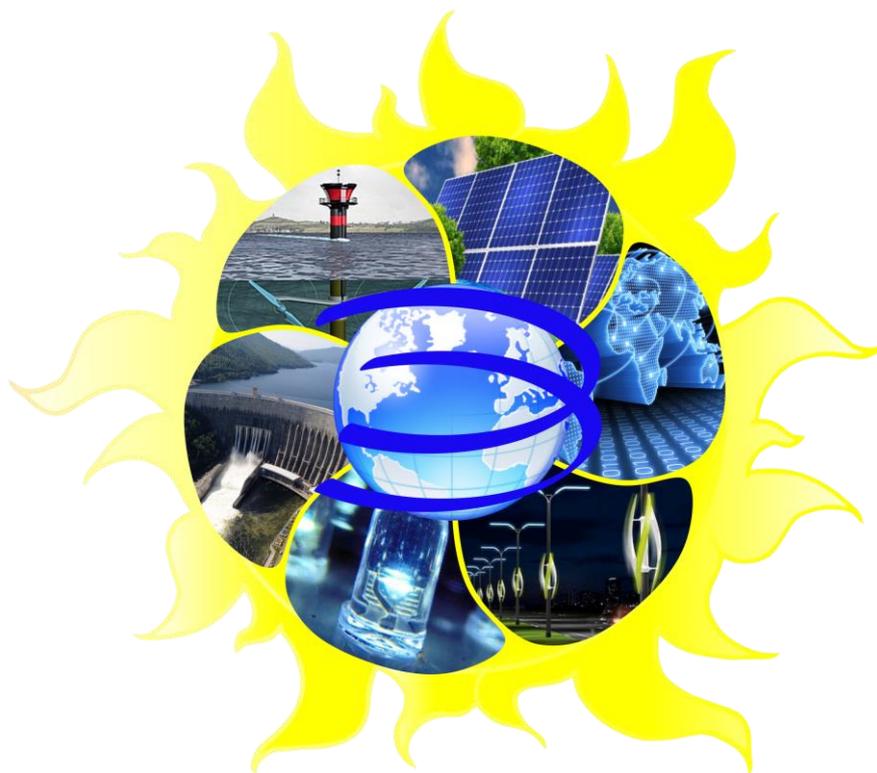


ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

**Материалы VIII Международной научно-технической конференции
студентов, молодых ученых и специалистов
16–17 ноября 2021 г.**



**Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2021**

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

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Материалы VIII Международной научно-технической конференции
студентов, молодых ученых и специалистов
16–17 ноября 2021 г.

Научное электронное издание



Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2021

УДК 658.26
ББК 31.3
Э65

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

Э65 **Энергосбережение** и эффективность в технических системах [Электронный ресурс] : Материалы VIII Международной научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов 16–17 ноября 2021 г. / отв. ред. Д. Ю. Муромцев ; ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2021. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium II ; CD-ROM-дисковод ; 8,4 Mb ; RAM ; Windows 95/98/XP ; мышь. – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-8265-2441-1

В сборник включены материалы пленарных и секционных докладов в соответствии с тематикой VIII Международной научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов «Энергосбережение и эффективность в технических системах».

Предназначен для преподавателей, аспирантов, магистров, студентов и молодых ученых в целях использования в научно-исследовательской работе и учебной деятельности.

УДК 658.26
ББК 31.3

Материалы предоставлены в электронном варианте, 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 978-5-8265-2441-1

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2021

**ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ СВЯЗИ

А. Е. Алексеев, А. В. Рябов

*Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия
имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия
(email: ryalvy@mail.ru)*

Современный этап развития вооруженной борьбы характеризуется интенсивным использованием радиоэлектронных средств как для управления войсками и оружием, так и для ведения информационного противоборства, в том числе радиоэлектронной борьбы (РЭБ). В этих условиях возрастают требования к помехоустойчивости системы связи, характеризующей способность системы связи выполнять поставленные задачи в условиях воздействия всех видов помех [1, 2].

Наиболее подверженными воздействию помех остаются средства радиосвязи, важность использования которых при обеспечении управления авиацией достаточно высока. Следовательно, обеспечение помехоустойчивости систем авиационной радиосвязи является одной из наиболее актуальных задач.

В качестве одного из показателей помехоустойчивости может быть выбрана вероятность помехозащиты $p_{пз}$, определяющая достоверность связи в условиях воздействия преднамеренных помех [1].

$$p_{пз} = 1 - p_p \cdot p_n, \quad (1)$$

где p_p – вероятность разведки параметров элементов системы связи, необходимых для организации радиоподавления; p_n – вероятность нарушения работы средств связи в результате воздействия преднамеренных помех.

Вероятность разведки представим произведением [1]:

$$p_p = p_{обн} \cdot p_{оц}, \quad (2)$$

где $p_{обн}$ и $p_{оц}$ – вероятности обнаружения источника радиосигналов и оценки их параметров.

Обнаружение источника радиоизлучения осуществляется по его энергетическим параметрам. Следовательно, вероятность $p_{обн}$ определяется уровнем сигнала на входе обнаружителя, который может быть найден из уравнения передачи [1, 2]. Вероятность оценки $p_{оц}$ параметров радиосигналов зависит от соотношения между временем оценки и временем, в течение которого параметры сигнала не изменяются. Следовательно, при фиксированных значениях времени оценки вероятность оценки определяется видом радиосигналов и режимами работы средств радиосвязи.

Нарушение работы системы связи происходит при воздействии на приемник преднамеренной помехи, энергетический потенциал которой снижает достоверность связи ниже допустимого уровня [1, 2]. Вероятность p_n зависит от способности системы связи обеспечивать передачу информации с заданным качеством в условиях воздействия на нее помех и характе-

ризует помехоустойчивость системы связи в те моменты, когда по ней передается информация и обеспечивается энергетический и временной доступ к подавляемой системе связи со стороны системы РЭБ. С учетом этого вероятность p_n может быть определена произведением вероятностей энергетического $p_{\text{эл}}$ и временного $p_{\text{вп}}$ подавления [1]:

$$p_n = p_{\text{эл}} \cdot p_{\text{вп}}; \quad (3)$$

Вероятность $p_{\text{эл}}$ может быть определена как вероятность того, что фактическое значение отношения сигнал/помеха на входе приемника линии связи станет меньше некоторого допустимого уровня (для данного вида помехи) при котором функционирование линии связи нарушается [1].

Снижение вероятности $p_{\text{эл}}$ возможно путем использования методов адаптивного управления параметрами радиолиний, алгоритмами функционирования и структурным ресурсом системы связи на основе оценки состояния радиоканала [2].

Вероятность временного подавления линии связи $p_{\text{вп}}$, при фиксированном времени реакции системы радиоэлектронного подавления (РЭП) определяется средним временем работы приемника на одной частоте и временем перестройки с целью ухода от помехи. Следовательно, вероятность $p_{\text{вп}}$ может быть снижена при использовании режима ППРЧ.

Таким образом, алгоритм, построенный на основе выражений (1) – (3) позволяет оценить основные методы повышения эффективности систем радиосвязи с точки зрения оптимизации частных показателей (2), (3) и главного показателя (1) в целом и на их основе выработать рекомендации по обеспечению помехоустойчивости системы связи.

Библиографический список

1. Боговик, А. В. Эффективность системы военной связи и методы ее оценки / А. В. Боговик, В. В. Игнатов. – С.Пб. : ВАС, 2006. – 184 с
2. Рябов, А. В. Помехозащищенность системы авиационной радиосвязи / А. В. Рябов, В. М. Журавков // Актуальные вопросы науки и техники в сфере развития авиации : сб. материалов тез. докл. V Междунар. науч.-техн. конф., 14–15 мая 2015 г. – Минск : ВАРБ, 2015. – С. 113–114.

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ НЕЛИНЕЙНОГО УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ В ПЕРЕДАТЧИКЕ OFDM-СИГНАЛОВ

Е. А. Антонов, К. Д. Раев

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: e.a-nov98@mail.ru, faleot1998@gmail.com)*

Механизм мультиплексирования или уплотнения с помощью использования ортогональных поднесущих частот определяет технологию построения систем связи с OFDM [1]. Положительные стороны такой технологии включают достаточно высокую устойчивость к межсимвольным помехам, связанным с многолучевым распространением сигналов; простую аппаратную реализацию, основанную на цифровой обработке сигналов; а также возможность использования различных методов модуляции для каждой поднесущей частоты [2, 3],

что определяет скорость передачи информации и помехоустойчивость системы связи [4]. Но неидеальность современных приемников и передатчиков, их фазовые шумы ограничивают эффективность работы таких систем связи.

Передатчики-OFDM сигналов, выполненные по традиционной схеме, имеют низкий КПД, обусловленный необходимостью работы усилителя мощности (УМ) в линейном режиме. Высокие энергозатраты не позволяют использовать их в мобильных устройствах связи. Поэтому целесообразнее использовать схемы нелинейных усилителей, но при этом все же обеспечить линейное усиление сигнала. Для решения этой задачи используют различные подходы. Одним из методов является применение усилителей с кусочно-линейной амплитудной характеристикой [5]. При этом снижается величина пик-фактора, но возрастают искажения сигнала, а, следовательно, и величина битовых ошибок. Рассмотренные практические аспекты реализации технологии OFDM и анализ параметров компрессирования, необходимых для обеспечения эффективной работы радиопередатчиков, а именно снижение энергетических затрат при работе передатчика за счет ограничения пик-фактора излучаемого сигнала дают возможность провести оптимизацию этих параметров. Известно, что рост пик-фактора негативно сказывается на сложности конструкции высокочастотного тракта от усилителей до антенны, ведет к снижению КПД высокочастотного оборудования, приводит к увеличению нелинейных искажений. Возможность такой оптимизации обусловлена соответствующим выбором значения величин коэффициентов усиления УМ и величины порога ограничения.

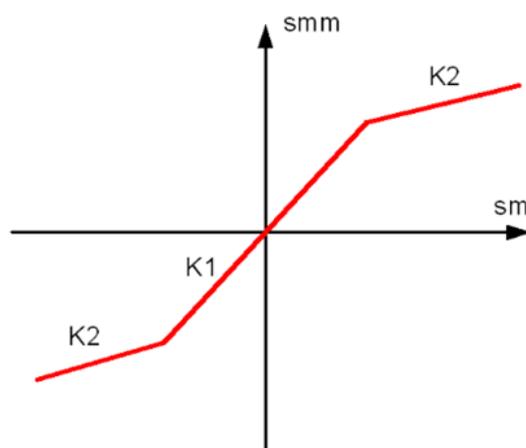


Рис. 1. Амплитудная характеристика нелинейного усилителя мощности

Моделирование показало, что при кусочно-линейном сжатии и достаточном соотношении сигнал/шум коэффициент ошибок при оптимальном выборе параметров сжатия довольно не велик.

Для компенсации в некоторой степени нелинейности УМ рассматривается схемное решение передатчика с демодуляцией в петле обратной связи. При этом удалось повысить реальный КПД усилителя.

После анализа полученных данных была подтверждена ранее выдвинутая гипотеза об эффективности нелинейного усилителя мощности. Исследования показали, что при применении нелинейного УМ с оптимальными параметрами в передатчике с демодуляцией в петле обратной связи величина значения пик-фактора снижается на 27%. Однако, данный метод не избавляет полностью от ошибок (искажения сигнала на выходе усилителя составили 19%).

Библиографический список

1. 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.
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. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112. – P. 1.
3. Алгоритм дальномерного канала с учетом информации бортовых датчиков воздушных судов / И. В. Князев, С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк // Радиотехника. – М., 2013. – № 9. – С. 60 – 63.
4. Прогнозирование квазигармонического сигнала в пространстве состояний / С. Н. Данилов, Н. А. Кольтюков, Т. И. Чернышова, С. В. Петров // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2016. – № 3. – С. 374 – 380.
5. 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.

ФРЕЙМОВАЯ МОДЕЛЬ ОПЕРАТИВНОЙ ОЦЕНКИ ВЛАЖНОСТИ В БАРАБАННОЙ СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ

С. В. Артемова², М. А. Каменская¹, Ву Чи Чиен²

¹*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия*

²*Российский технологический университет – МИРЭА, Москва, Россия*

(art_mari@bk.ru, sartemova@yandex.ru, vutrichien00@gmail.com)

Состояние современных Российских предприятий характеризуется необходимостью увеличения доли выпуска качественной продукции и снижения энергетических затрат на ее производство. При управлении процессом сушки важно в режиме реального времени иметь информацию о влажности высушиваемого материала внутри сушильных установок. Для получения этой информации создан интеллектуальный датчик, в основе функционирования которого лежат нейронные сети оперативной оценки влажности и фреймовая модель, позволяющая учитывать изменения состояний функционирования системы.

Для построения фреймовой модели оперативной оценки влажности выделим четыре группы датчиков в порядке важности информации, поступающей от них, для создания расширенного набора моделей в основе которых лежат нейронные сети.

Нулевая группа – это класс ситуаций G_0 (безотказная работа всех датчиков).

Первая группа – класс ситуаций G_1 (мягкие отказы датчиков) включает датчики, информация от которых является помехой на канале измерения, например, датчик температуры барды на выходе сушильной установки, датчика температуры выпара.

Вторая группа – это класс ситуаций G_2 (средний отказ датчиков), в который входят датчик распределения высушенной и сырой барды на смесительный шнек, датчик импульсного управления мощностью вытяжных вентиляторов, преобразователя определения нагрузки электродвигателя сушильной установки.

Третья группа – это класс ситуаций G_3 (жесткие отказы датчиков), включающий датчик давления острого пара, отказ датчика температуры воздуха в сушильной установке, датчик содержания кислорода в воздухе, выход из строя которых наиболее опасен, поскольку приводит к ошибкам измерения влажности и процесса сушки.

Под фреймом понимается однажды определенная структура данных для представления некоторого концептуального объекта. В слоте содержится информация, относящаяся к конкретному фрейму. Фреймы, описывающие состояния объекта, объединены в иерархическую структуру, отображающую целостный образ знаний, включающий как декларативные, так и процедурные знания.

Фреймы созданной системы описывают классы состояний функционирования оборудования сушильной установки, а конкретные свойства этого класса отражены в слотах, содержащих присоединенные процедуры реализации нейронных сетей, позволяющих оценить влажность материала в процессе его сушки. Фреймовую систему без механизма присоединенных процедур часто рассматривают как базу данных системы продукции.

Преимуществом фреймовой модели является возможность комбинации декларативных и процедурных знаний в одной единице представления знаний – фрейме, возможность иерархического построения базы знаний согласно степени абстракции понятия, а также возможность реализации любой системы вывода на основе обмена сообщениями – объектно-ориентированного метода управления выводом.

Фреймовая модель позволяет создавать адаптивные датчики оперативной оценки влажности материала, учитывающие различные состояния функционирования оборудования, составляющего сушильную установку и режимы его работы.

Отказы работы этих датчиков могут оказывать существенное влияние на точность оперативной оценки влажности. Для устранения этого недостатка расширено множество моделей оперативной оценки влажности. В случае отказа одного или нескольких датчиков предлагается проводить расчеты по моделям, в которых учтены эти ситуации.

Применение разработанного интеллектуального датчика позволяет производить оценку влажности спиртовой барды в процессе ее сушки с погрешностью, не превышающей 2% для всех состояний функционирования.

Библиографический список

1. Pasty Materials Prompt Assessment Method / S. V. Artemova, A. I. Ladynin, T. V. Chien, M. M. Kamenskaia and T. A. Ryabchik // IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (ElConRus). – 2021. – P. 794 – 796.

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ РАЗВЕДЗАЩИЩЕННОСТИ СИСТЕМЫ РАДИОСВЯЗИ НА ОСНОВЕ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ

Ж. М. Ахмедов, А. В. Рябов

*Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия
(email: ryalvy@mail.ru)*

Наиболее уязвимым звеном существующей системы авиационной радиосвязи, с точки зрения разведзащищенности, является система декаметровая (ДКМ) радиосвязи. Это объясняется наличием большого количества демаскирующих признаков ДКМ радиостанций. Основные из них обусловлены слабыми направленными свойствами штатных антенн, которые при большом затухании сигнала на трассе распространения радиоволн компенсируется большим уровнем мощности передатчиков, что в свою очередь повышает вероятность обнаружения таких радиостанций противником. При этом минимизация демаскирующих признаков средств ДКМ радиосвязи возможна только на основе снижения мощности и времени излучения передатчиков [1, 2].

Таким образом, для разрешения выявленного противоречия, актуальной является задача разработки способов повышения разведзащищенности системы радиосвязи на основе адаптивного управления ее энергетическими параметрами при обеспечении требуемой достоверности связи.

Способы обеспечения требуемой достоверности, удовлетворяющие поставленной задаче, основываются на обеспечении значения отношения сигнал/шум на уровне не ниже требуемого [1]. При этом, наиболее эффективные из них могут быть реализованы на основе применения направленных антенн, ретрансляции сигналов, разнесенного приема, компенсации помех, частотной адаптации, помехоустойчивых сигналов [1, 2].

Анализ существующих способов повышения разведзащищенности показал, что их можно подразделить на два класса: методы, основанные на снижении энергетического потенциала и методы снижения времени работы радиосредств на передачу [1, 2]. При этом снижение энергетического потенциала, при обеспечении требуемой достоверности связи в ДКМ радиолиниях, возможно осуществить на основе применения методов ретрансляции сигналов [3].

Рассмотрим способ повышения разведзащищенности системы ДКМ радиосвязи на основе адаптивного управления энергетическим ресурсом автоматизированных сетей радиосвязи при использовании параллельной ретрансляции. Суть способа заключается в одновременной ретрансляции сигналов от источника сообщений двумя и более радиостанциями с синфазным сложением данных сигналов в точке приема. При этом синфазность сложения сигналов обеспечивается автоматической подстройкой частоты опорных генераторов ретрансляторов по цепи обратной связи от радиостанции получателя сообщений [4].

Основным достоинством данного способа является возможность минимизации мощности излучения передатчиков пропорционально количеству параллельных ретрансляторов [4].

При этом, с точки зрения энергетической эффективности наиболее оптимальная структура параллельного ретранслятора должна включать от четырех до шести элементов. Однако, применение даже двух ретрансляторов позволяет более чем в 2 раза уменьшить излучаемую мощность передатчиков и повысить разведзащищенность сети радиосвязи при обеспечении требуемого уровня сигнала в точке приема.

Таким образом, разработанный способ позволяет минимизировать мощность излучения отдельных передатчиков, объединяемых в группы для параллельной ретрансляции сигналов с синфазным сложением мощности излучения в точке приема. Это, в свою очередь, снижает вероятность обнаружения источников радиоизлучения и затрудняет идентификацию станцией радиотехнической разведки противника структуры сети связи в целом, что в конечном итоге позволит повысить разведзащищенность системы радиосвязи.

Библиографический список

1. Боговик, А. В. Эффективность системы военной связи и методы ее оценки / А. В. Боговик, В. В. Игнатов. – СПб. : ВАС, 2006. – 184 с.
2. Пресняков, М. Ю. Анализ факторов, влияющих на разведзащищенность сетей авиационной радиосвязи / М. Ю. Пресняков, А. В. Рябов // Актуальные проблемы вооруженной борьбы в воздушно-космической сфере : сб. науч. ст. по материалам Междунар. военно-научной конф. (13–14 апреля 2017 г.). – Воронеж : ВВА, 2017. – С. 370 – 374.
- 3 Березовский, В. А. Современная декаметровая радиосвязь / В. А. Березовский, В. А. Дулькейт, О. К. Савицкий. – М. : Радиотехника, 2011. – 444 с.
4. Рябов, А. В. Особенности пространственного сложения мощности передатчиков декаметрового диапазона / А. В. Рябов // Телекоммуникации: Ежемесячный производственный, научно-технический, информационно-аналитический и учебно-методический журнал. – М. : Наука и технологии, 2012. – № 9. – С. 22 – 28.

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММНОЙ СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

С. Ю. Багрянцев, Е. Ю. Мусатова, И. В. Тюрин

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: musatova.93@bk.ru)*

Для решения задач автоматизированного управления различными техническими объектами и системами наиболее часто применяют программно-аппаратную реализацию позиционной или программной стратегии управления [1].

Принцип позиционной стратегии управления состоит в том, что контроллер (К) связан с объектом управления обратной связью z , и в реальном времени получает информацию о текущих параметрах R режимов работы оборудования (О), возникновении нештатных ситуаций и т.п., и в соответствии с полученными данными о состоянии объекта, автоматический регулятор (АР) может скорректировать управляющее воздействие u (рис. 1).

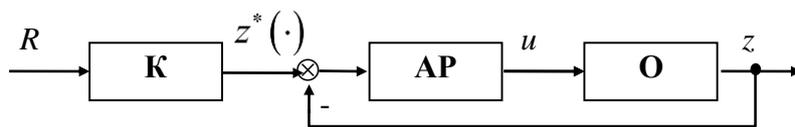


Рис. 1. Принцип позиционной корректируемой стратегии

Недостаток такой стратегии управления состоит в том, что необходимо использовать дорогостоящий высокопроизводительный промышленный контроллер, позволяющий оперативно выполнять обработку массива поступающей информации от объекта и формировать оптимальное управляющее воздействие. Поэтому позиционная стратегия предпочтительна для управления сложными промышленными установками, например, многосекционными печами, вальце-ленточными сушильными установками, двухконтурными солнечными водонагревательными установками, модульными котельными и пр.

Программная стратегия основана на применении жестко записанной в память контроллера (К) программы управления режимами работы оборудования (О), которая не может быть изменена в процессе работы системы управления (рис. 2). Другими словами, отсутствует обратная связь между системой и объектом управления.

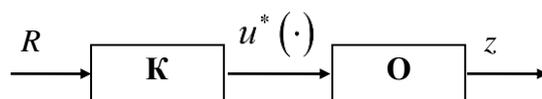


Рис. 2. Принцип программной некорректируемой стратегии

Несмотря на указанный существенный недостаток, такая стратегия управления предпочтительна для применения в автоматизированных системах управления простыми объектами, типичными примерами которых могут служить бытовые водонагреватели, утюги, электрочайники и прочие энергоемкие объекты.

С точки зрения алгоритмического обеспечения системы управления, наиболее сложно реализовать программную стратегию, поскольку из-за отсутствия обратной связи между контроллером и объектом необходимо применять интеллектуальные алгоритмы, основанные на методах нечеткой логики, применении нейронных сетей, методах принятия решений в условиях частичной или полной неопределенности [2].

Библиографический список

1. Колесников, А. В. Алгоритм синтеза функциональных гибридных интеллектуальных систем с гетерогенным визуальным полем / А. В. Колесников, С. В. Листопад // Системы и средства информатики. – 2017. – Т. 27, № 3. – С. 112 – 125.
2. Shamkin, V. N. Using destabilization control to improve the functioning of complex multidimensional technological objects on the time interval / V. N. Shamkin, D. Yu. Muromtsev, A. N. Gribkov // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2017. – V. 12, No. 24. – P. 7198 – 7217.

АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПОЗИЦИОННОЙ СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ

С. Ю. Багрянцев, Е. Ю. Мусатова, И. В. Тюрин

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: stas-68-rus@mail.ru)*

Традиционно в автоматизированных системах оптимального управления различными объектами применяется программная, либо позиционная стратегия. Позиционная стратегия управления наиболее предпочтительна для управления многомерными или сложными объектами, имеющих много входов и выходов, причем каждый выход оказывает влияние на каждый вход, а каждый вход влияет на состояние любого из выходов. В зарубежной литературе такие объекты известны как МИМО-системы. Наличие обратной связи позволяет контроллеру получать информацию о режимных параметрах объекта, и выдавать оперативный ответ на возникшее событие. Однако возможность работы в реальном времени требует применения высокопроизводительных и, соответственно, дорогостоящих промышленных контроллеров таких фирм как Siemens, Rockwell Automation, Schneider Electric, ABB, Festo, Moeller, Phoenix Contact, WAGO, OMRON, Honeywell, Matsushita Electric и др. Среди российских производителей, выпускающих аналогичную продукцию, следует выделить предприятия «Круг», «Прософт», «Открытые технологии», «Ниеншанц – Автоматика», «Текон», «ИКОС», и ряд других [1].

Часто для управления сложными технологическими объектами применяют контроллеры серии WinCon-8000, производством которых занимается компания ICP DAS. Ядро указанных контроллеров основано на высокопроизводительных процессорах Intel Strong ARM.

Контроллер WinCon представляет собой автономное устройство, содержащее микропроцессор, блок питания, панель управления, инфокоммуникационные порты и объединительную плату. Конструкция контроллера предусматривает возможность монтажа на DIN-рейку.

WinCon-8000 имеет интерфейсы RS-232 и RS-485, USB и Ethernet для подключения дополнительных модулей, имеются порты для подключения монитора и клавиатуры. В сущности, контроллер приобретает функциональность персонального компьютера, что дает возможность его удобного программирования и расширяет сферу решаемых задач.

Для записи программного кода в контроллер производитель рекомендует использовать универсальную среду программирования ISaGRAF, основанную на использовании языков программирования логических контроллеров LD, ST, FBD SFC международного стандарта IEC 61131-3.

Промышленные контроллеры серии WinCon-8000 могут использоваться для решения всевозможных задач автоматизации в различных сферах – нефтегазовая, химическая, радиоэлектронная промышленности, электроэнергетика, сельское хозяйство, объекты ЖКХ, транспортная инфраструктура и др. В зависимости от вида решаемых задач и объекта управления, информационно-управляющая система может иметь достаточно сложную структуру, оставаясь при этом надежной и простой в настройке и управлении [2].

Библиографический список

1. Особенности реализации интеллектуальных систем энергосберегающего управления энергоемкими объектами / Д. Ю. Муромцев, А. Н. Грибков, В. Н. Шамкин, И. В. Тюрин // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2019. – № 12. – С. 43 – 49.
2. Артемова, С. В. Интеллектуальная информационно-управляющая система энергосберегающего управления / С. В. Артемова, А. А. Артемов, М. А. Каменская // Научно-техническая информация. Сер. 2. Информационные процессы и системы. – 2019. – № 2. – С. 9 – 17.

ЭКОНОМИЧНОЕ ПОРТАТИВНОЕ СРЕДСТВО СВЯЗИ

А. А. Белкин, Л. В. Журавлева

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

В настоящее время создано большое разнообразие сложных многофункциональных мобильных средств, рассчитанных на запросы различных потребителей. Увеличение функций мобильных устройств приводит к росту их стоимости и усложняет процесс эксплуатации. Существует категория потребителей, у которых нет необходимости использовать полный набор функций мобильного телефона. Зачастую им требуется наличие только базовых функций переносного устройства, а некоторым людям достаточно только звонков для решения простых задач коммуникации в определенных жизненных ситуациях. К таким потребителям относятся дети дошкольного возраста и ученики младших классов, а также представители «переходного поколения», которые используют мобильные средства не как инструмент выполнения учебных или производственных задач, а как средство оперативной передачи информации. Таким потребителям нужны безотказные, простые в эксплуатации дешевые мобильные средства.

Стоимость устройства зависит от выбора сборочного состава и элементной базы. На цену влияет также стоимость материалов, комплектующих, затраты на технологию изготовления, сборки и монтажа изделия. Стоимость диэлектрика определяется его маркой, размерами печатной платы, задействованным количеством слоев [1]. Определенный вклад в стоимость изделия вносит также корпус. Для снижения стоимости изделия целесообразно использовать типовые покупные корпуса, изготовленные с использованием групповых методов обработки. На трудоемкость сборки изделия, а, следовательно, и его стоимость влияет способ крепления в корпусе ячейки электронной. Неотъемлемой частью ценообразования является стоимость источника питания [2].

Разработана конструкция социально ориентированного бюджетного мобильного средства с эргономичными габаритными размерами и массой, и экономичного с точки зрения потребления энергии. Переносное устройство обладает способностью передавать и принимать звуковые сигналы, отображать на дисплее набранный с помощью кнопок номер и выводить информацию о поступающем звонке на экран. Мобильное средство оснащено дисплеем, матричной клавиатурой, микроконтроллером, приемопередатчиком, микрофоном и динамиком. Для сборки устройства используется доступная элементная база и методы и средства сборки, благодаря чему устройство можно собирать даже в домашних условиях.

Энергосбережение в разработанном устройстве достигается за счет оригинального функционала и выбранной элементной базы. Снижение потребляемой энергии в процессе эксплуатации устройства обеспечивается также за счет сокращения опций [3].

За счет того, что устройство работает лишь в качестве приемника и передатчика информации удается снизить количество разрядок элемента питания.

Устройство спроектировано в расчете на потребителей, которые пользуются ограниченным набором действий, когда возникает необходимость только набирать телефонный номер, совершать вызов и отвечать на входящий звонок с помощью удобно расположенных кнопок. Также у пользователя есть возможность включать и отключать питание, если в данный момент нет необходимости использовать функции мобильного телефона. С целью сбережения энергии в разработанной модели мобильного телефона исключена функция громкой связи, которая требует потребления большого количества энергии. Затраты аккумулятора снижаются также за счет низкого потребления энергии LCD-дисплеем.

В разработанной конструкции портативного устройства связи снижение энергопотребления достигается за счет комплекса технических мероприятий: целенаправленного ограничения функций, конструкторских и технологических решений, выбора недорогих материалов и комплектующих и несложных методов и средств сборки и монтажа.

Отдельные результаты получены в рамках Госзадания № 0705-2020-0041 «Фундаментальные исследования методов цифровой трансформации компонентной базы микро- и наносистем».

Библиографический список

1. Modeling energy-efficient consumption at industrial enterprises / G. N. Todorov, E. E. Volkova, A. I. Vlasov, N. I. Nikitina // International Journal of Energy Economics and Policy. – 2019. – V. 9, № 2. – P. 6.

2. Буторин, П. С. Применение PhysicalWeb в концепции умного города / П. С. Буторин, Л. В. Журавлева, С. А. Милешин // материалы IV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. Тамбовский государственный технический университет. – 2017. – С. 386.

3. Пугачев, Е. К. Проблемы систем самодиагностики / Е. К. Пугачев, Ю. А. Вишневская // Технологии инженерных и информационных систем. – 2019. – № 1. – С. 80 – 86.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ СВЯЗИ В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕПРЕРЫВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ АВИАЦИОННЫМ ФОРМИРОВАНИЕМ

С. С. Белоусов, П. А. Федюнин, М. А. Стафеев

*Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия
имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия
(e-mail: belousovtel@yandex.ru)*

Для авиационного формирования (АвФ) успех выполнения поставленных задач определяется качеством управления, которое, в свою очередь, зависит от устойчивого функционирования технической основы – системы связи [1].

Анализируя влияние интенсивности отказов системы связи [2], возникающих в результате деструктивного воздействия противника, на непрерывность управления (рис. 1), можно сделать вывод о том, что вероятность непрерывности управления снижается при определенной потере числа направлений связи (N_{HC}) от пункта управления (ПУ).

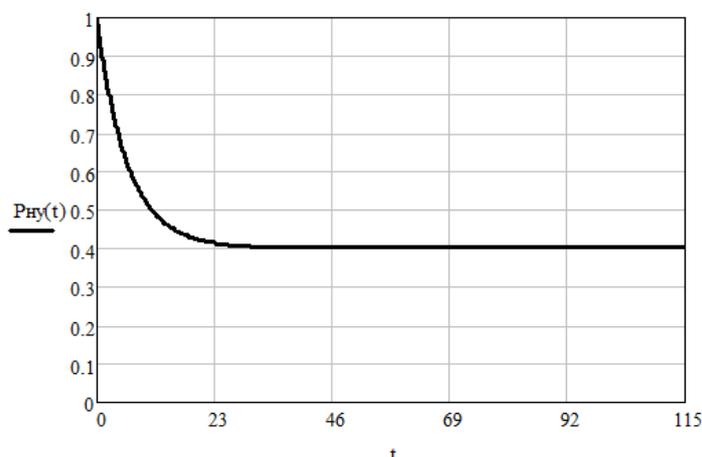


Рис. 1. График вероятности непрерывности управления АвФ

Критерии оценки состояния системы связи предложены в табл. 1.

Таблица 1

№ п/п	Оценка функционального состояния системы связи	Критерий оценки (количество функционирующих направлений связи)
1	Полноценное функционирование	$70\% < N_{HC} \leq 100\%$
2	Незначительная потеря функциональности	$50\% < N_{HC} \leq 70\%$
3	Значительная потеря функциональности	$30\% < N_{HC} \leq 50\%$
4	Прекращение функционирования	$N_{HC} \leq 30\%$

С учетом указанного, определив значения среднего времени исправного функционирования [3] направлений связи ($\bar{T}_{uk_0(N_{nc} \geq N_{треб})}$), выраженного через интенсивность потери управленческих функций β (1) и среднего времени простоя направлений связи ($\bar{T}_{npk_0(N_{nc} \geq N_{треб})}$), выраженного через интенсивность потери восстановления управленческих функций α (2) на ПУ получим значение вероятности непрерывного управления (3).

$$\beta = \frac{1}{\bar{T}_{uk_0(N_{nc} \geq N_{треб})}}, \quad (1)$$

$$\alpha_j = \frac{1}{\bar{T}_{npk_0j(N_{nc} \geq N_{треб})}}, \quad (2)$$

$$P_{нy}(t) = \frac{\beta}{\alpha + \beta} e^{-(\alpha + \beta)t} + \frac{\alpha}{\alpha + \beta}. \quad (3)$$

Согласно аналитического выражения (4) могут быть определены ПУ АвФ, на которые в рассматриваемые моменты времени tm_k следует передавать управление с ПУ имеющих значительную потерю функциональности системы связи:

$$P_{ny}(tm_k) = \max(P_{ny}(tm_k), P_{ny}(tm_k)) \quad k = \overline{0, m}. \quad (4)$$

Таким образом, на основе предлагаемой методики оценки функционального состояния системы связи в целях обеспечения непрерывности управления АвФ на заданном интервале времени можно определить соответствие ресурса системы связи требованиям управления и в случае необходимости адаптировать ее до требуемых значений.

Библиографический список

1. Алтухов, П. К. Основы теории управления войсками / П. К. Алтухов. – М. : Воениздат, 1984. – 221 с.
2. Боговик, А. В. Теория управления в системах военного назначения : учебник / А. В. Боговик, В. В. Игнатов. – СПб. : ВАС, 2008. – 460 с.
3. Гнеденко, Б. В. Математические методы в теории надежности: основные характеристики надежности и их статистический анализ / Б. В. Гнеденко, Ю. К. Беляев, А. Д. Соловьев. – М. : Книжный дом «Либроком», 2012. – 578 с.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ СПОСОБОВ ОРГАНИЗАЦИИ СВЯЗИ В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕПРЕРЫВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ АВИАЦИОННЫМ ФОРМИРОВАНИЕМ

С. С. Белоусов, П. А. Федюнин, М. А. Стафеев

*Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия
имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия
(e-mail: belousovtel@yandex.ru)*

Высокая динамика подготовки и выполнения поставленных задач различными формированиями воздушно-космических сил (ВКС) обуславливают необходимость обеспечения непрерывности управления войсками, что достигается в первую очередь устойчивостью функционирования системы связи.

При выполнении мероприятий по повышению живучести системы управления воинскими формированиями различных звеньев управления часть задач по обмену оперативной информацией между должностными лицами будет возложена на полевые компоненты узлов связи пунктов управления (УС ПУ) при развертывании которых возникает ряд проблем, связанных с тем, что существующие полевые сети связи, как правило, являются низкоскоростными и не позволяют обеспечить требуемое расширение функций для объектов воинского формирования в связи с увеличением нагрузки на систему связи (организация дополнительных телефонных каналов и каналов передачи данных, каналов доступа к магистральным линиям связи, каналов видеонаблюдения, локальных вычислительных сетей и других) и

необходимостью рационального развертывания полевых аппаратных связи на местности с учетом физико-географических условий.

Предлагаемое решение по обеспечению непрерывности управления основано на повышении устойчивости системы связи на основе дооборудования полевых компонент УС ПУ аппаратурой БШПД, в целях обеспечения привязки к транспортной сети, позволяющей не только резервировать выход в объединенную цифровую сеть связи, но и повысить скорость обмена данными до 280 Мбит/с и обеспечить устойчивое межвидовое взаимодействие с зоной покрытия радиусом до 80 км [1].

Данное решение может быть реализовано на основе разработки «Воентелеком», представляющего собой комплект БШПД «Дина» (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид комплекта БШПД «Дина»

Данное решение предоставит возможности по:

- созданию новых (резервирование) каналов управления, связи и передачи данных между объектами воинского формирования;
- привязке объектов воинского формирования к районным узлам связи (РУС) и точкам доступа магистральных сетей связи вышестоящего звена управления (доверенных операторов);
- доступу абонентов (объектов воинского формирования) к Единой сети электросвязи и сети связи органов управления воздушным движением (при необходимости анализа общей воздушной обстановки);

Данное решение применимо в следующих условиях:

- в случае отсутствия возможности прокладки проводных линий связи (гористая, болотистая местность);
- несоответствия возможностей радиорелейной линии связи требованиям по пропускной способности направления связи.

Таким образом, основным отличием от существующих способов обеспечения непрерывности управления авиационными формированиями является: возможность увеличения пролетов устойчивой связи с подвижными средствами связи до 80 км с применением современного инфокоммуникационного оборудования; обеспечение высокоскоростной передачи данных до 280 Мбит/с; возможность одновременной передачи данных нескольким абонентами в зоне покрытия сети.

Библиографический список

1. Ресурс URL : <http://aoze.ru//dina/> (дата обращения: 03.02.2020).

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ С УЛЬТРАНИЗКИМ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ

И. Д. Большаков, А. А. Глушко

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

Большое количество современных встраиваемых систем имеют автономное питание. Главным требованием к таким изделиям выступает минимизация потребления электрического тока, с целью продления срока службы батарей и, следовательно, непрерывной работы конструкции. Основным потребителем электроэнергии в разработанных изделиях зачастую являются микроконтроллеры. Реализация режимов пониженного энергопотребления давно стала одним из факторов, которым производители привлекают внимание к своей продукции. Одни из наиболее интересных изделий в этом направлении – микроконтроллеры серии STM32L компании STMicroelectronics. Данное семейство является частью платформы EnergyLite продуктов.

Существуют два направления реализации пониженного энергопотребления [1 – 5]. Первое заключается в уменьшении потребляемого тока в рабочем режиме, с помощью снижения производительности или отключения всех неиспользуемых модулей в рабочем режиме. Второе направление – полная или частичная остановка процессора на период простоя.

Энергопотребление микроконтроллеров STM32L в рабочем режиме зависит от напряжения питания процессорного ядра и тактовой частоты, на которой это ядро работает. Соответственно, уменьшив до необходимого уровня частоту тактового генератора, можно ожидать и снижения уровня потребляемого тока. Самым энергозатратным является внешний тактовый резонатор (HSE). Гораздо меньше потребляет встроенный генератор на 16 МГц (HSI) и программируемый генератор (MSI).

Наряду с возможностью управления напряжением ядра и тактовой частотой, в микроконтроллерах STM32L имеется несколько режимов пониженного энергопотребления [6].

Подводя итог, благодаря низкому потреблению в динамическом диапазоне работы и гибкой системе малопотребляющих режимов микроконтроллеров STM32L можно добиться существенной экономии энергопотребления.

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 Global Smart Industry Conference (GloSIC – 2018). – 2018. No. 8570062.
2. Modeling energy-efficient consumption at industrial enterprises / G. N. Todorov, E. E. Volkova, A. I. Vlasov, N. I. Nikitina // International Journal of Energy Economics and Policy. – 2019. – Т. 9, № 2.
3. Аверьянихин, А. Е. Обзор возможностей операционной системы реального времени FREERTOS, применяемой в микроконтроллерах / А. Е. Аверьянихин, М. А. Фадеев, Е. А. Олисевиц // Технологии инженерных и информационных систем. – 2020. – № 4. – С. 56 – 63.
4. Журавлева, Л. В. Применение лазерного дальномера vl5310x для навигации и позиционирования мобильного робота / Л. В. Журавлева, О. В. Зобов, К. О. Клынкин // Технологии инженерных и информационных систем. – 2019. – № 3. – С. 8 – 17.

5. Анализ платформ для проектирования беспроводных сенсорных сетей / К. А. Муравьев, И. О. Алябьев, Д. С. Синютина, А. И. Шушуев // Технологии инженерных и информационных систем. – 2020. – № 2. – С. 64 – 79.

6. Carmine Noviello Mastering STM32. A step-by-step guide to the most complete ARM Cortex-M platform, using a free and powerful development environment based on Eclipse and GCC. 2017 [Электронный ресурс]. – URL : <https://leanpub.com/mastering-stm32>. (дата обращения: 26.09.2021).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ИНСОЛЯЦИИ С ПОМОЩЬЮ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ SURFER

С. С. Ващенко, И. В. Тюрин, Н. И. Шепелев

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: vashhenko98@list.ru, tyrinilja@yandex.ru, shepelyov.kolya@mail.ru)*

Система «Surfer» предназначена для построения растровых моделей на основе полученных данных в различных точках пространства и проведения последующего анализа полученных моделей [1].

Используя параметры, полученные из всемирной базы данных NASA POWER, можно с помощью системы «Surfer» произвести моделирование распределения инсоляции на горизонтальной поверхности Тамбовской области в определенный промежуток времени, который может рассматриваться как один день, месяц или годы. Выбранная область располагается примерно с координатами 51°75′ по 53°75′ широты и с 39°75′ по 43°25′ долготы. Всемирная база метеорологических данных NASA POWER формирует значение индекса инсоляции с шагом 0,5° [2].

Выходные данные индекса инсоляции выбранной области широты и долготы, а также конкретной даты этих значений, можно после их анализа и обработки использовать для моделирования интенсивности инсоляции с использованием геоинформационной системы Surfer.

В результате моделирования созданы две модели интенсивности распределения инсоляции на горизонтальную поверхность Тамбовской области 01.01.2021 г. и 01.06.2021 г. Полученные карты позволят наглядно проанализировать и изучить выбранную область для выбора оптимального места реализации проектируемой гелиосистемы солнечного отопления и горячего водоснабжения. На рисунках 1 и 2 представлено моделирование распределения инсоляции на горизонтальной поверхности 1 января 2021 года и 1 июня 2021 года соответственно [3].

Анализируя полученные данные, а также результаты моделирования интенсивности распределения инсоляции на горизонтальной поверхности (рис. 1 и 2) Тамбовской области в выбранные временные промежутки можно получить подробную информацию о распределении инсоляции для применения и использования полученных данных в любых энергосберегающих системах, а также произвести сравнение выбранных промежутков времени.

Таким образом, 1 января 2021 года самое максимальное значение интенсивности инсоляции для лучшей реализации энергосберегающей гелиосистемы будет зона Тамбовской области с координатами 51°75′ широты и с 40°25′ по 41°75′ долготы с индексом инсоляции

равным 0,23. Спустя 6 месяцев 1 июня 2021 года максимальное значение индекса инсоляции будет составлять 6,84 и находиться в зоне Тамбовской области с координатами 51°75′ широты и с 42°25′ по 43°25′ долготы.

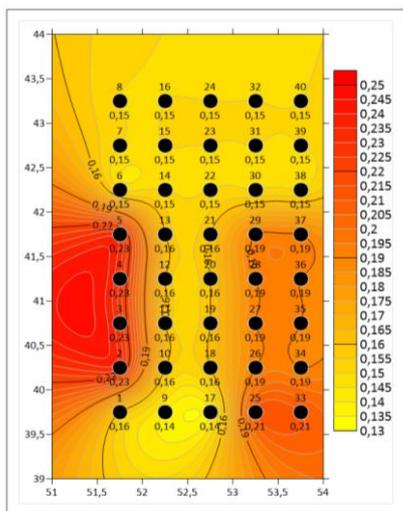


Рис. 1

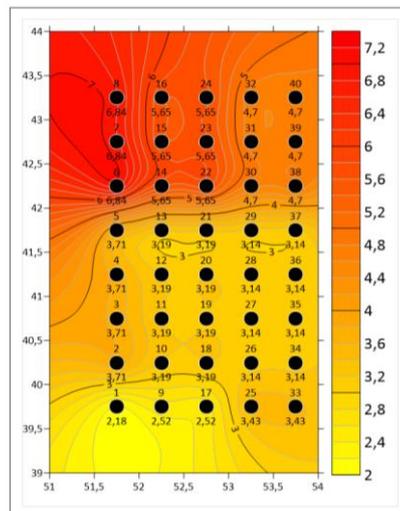


Рис. 2

Благодаря большому количеству разнообразного расположения и наложения разных карт можно не просто получить более подробную и структурированную информацию об объекте исследования, но и получить более обширное представление более сложных объектов.

Библиографический список

1. Силкин, К. Ю. Геоинформационная система Golden Software Surfer. – Воронеж : ВГУ – 2008. – 66 с.
2. Официальный сайт NASA «POWER Data Access Viewer» [Электронный ресурс]. – URL : <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> // (дата обращения: 05.10.2021).
3. Официальный сайт «Golden Software» [Электронный ресурс]. – URL : <https://www.goldensoftware.com/> // (дата обращения: 05.10.2021).

ФИЗИЧЕСКАЯ ОСНОВА И ПРИМЕНЕНИЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

А. В. Верченев. О. С. Данилкин. А. В. Иноземцева. Н. Г. Чернышов

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: verchenov90@mail.ru, danilkin36l@mail.ru, vlad19571@mail.ru, nchtamb@yandex.ru)*

Передача информационных потоков по волоконно-оптическим сетям имеет значительное число преимуществ по сравнению с передачей данных посредством кабеля из медных материалов. Востребованность оптоволоконных систем в последние годы растет стремительными темпами, что вполне объяснимо, ведь достоинства данного способа передачи информационных потоков достаточно весомы. Рассмотрим основные их преимущества: Высокая сопротивляемость помехам. Оптоволоконно состоит из диэлектрического материала,

вследствие чего оно практически не подвержено влиянию сторонних электрических систем. При эксплуатации медных кабелей зачастую встает вопрос перекрестного воздействия электромагнитных полей, чего нельзя сказать об оптоволокне.

Широкая пропускная способность. Благодаря высокой несущей частоте полоса пропускания одного оптоволокна может составлять несколько терабит в секунду.

Повышенная защита информации. ВОЛС обладают надежной защитой от утечек секретной информации и несанкционированного доступа. Обуславливается это тем, что система лишена излучений и обладает большой чувствительностью к различного рода колебаниям.

Экономичность. Невзирая на достаточно высокую цену оптоволокна, его владелец получает возможность значительно сэкономить средства. Кварцевое оптическое волокно вдвойне дешевле в сравнении с медными аналогами, к тому же при монтаже систем становится возможным экономить на ретрансляторах. В случае с оптоволоконными системами, усилители устанавливаются через 100 км, в то время как при установке кабелей из меди это расстояние исчисляется лишь несколькими километрами.

Для передачи информации по волоконно-оптическим кабелям применяется квантовые генераторы – лазеры, луч которых модулируется импульсно-кодовым сигналом. На приемном конце модулированный световой луч принимается оптическим детектором. Совокупность электронно-оптических преобразователей, обеспечивающих связь между оптической и электронной частями волоконно-оптической системы, и составляет современные волоконно-оптические линии передачи. Нечувствительность к электромагнитным полям и не создает электромагнитных наводок (ЭМН), в том числе и на собственную систему передачи, поэтому область применения ВОК широка – от медицины до самолетостроения.

Библиографический список

1. Approximation of distribution law of experimental test data to assess reliability of information-measuring and control systems / Yu. T. Zyryanov, I. G. Ryazanov, A. Yu. Naumova et al. // Journal of Physics: Conference Series. XIII International Scientific and Technical Conference «Applied Mechanics and Systems Dynamics». – 2020. – P. 1 – 8.

2. Application of Generalized Distribution Laws for the Reliability Assessment of Information and Measuring Systems of Energy Saving Control / Y. T. Zyryanov, N. G. Chernyshov, I. G. Ryazanov et al. // IOP Conf. Series : Journal of Physics: Conf. Series 1172 (2019) 012108. – 2019, March. – 2019. – V. 1172, No. 1.

3. 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.

4. Построение сверхширокополосных излучателей с применением интегрированных печатных волноводов телевидения / А. С. Колмыкова, О. А. Белоусов, Р. Ю. Колмыков, А. И. Дякин // Журнал вопросы современной науки и практики. университет им. В. И. Вернадского. – 2017. – № 4(66). – С. 214 – 220.

5. Selivanova, Z. M. Modelling of intelligent information measuring system to control heretophysical properties of materials and products / Z. M. Selivanova, D. S. Kurenkov, T. A. Hoang // Journal of Physics : Conference Series. – 2019. – V. 1278. – P. 012040.

6. 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.

7. Metrological Analysis of Analog-To-Digital Conversion Measurement Procedure in Information-Measuring and Control Systems / R. Yu. Kurnosov, T. I. Chernyshova, V. N. Chernyshov, M. A. Kamenskaya // Proceedings – 2020 2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA. 2020. – 2020. – P. 61 – 64.

ВИЗУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ

А. И. Власов

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

В условиях реализации концепции «Индустрия 4.0» актуальным становится реализация комплексных, интегрированных «smart» решений в области энергетики (Smart энерго-GRID). Становится возможным решение проблем синхронизации процессов генерации, транспортировки, распределения и потребления энергии [1]. В общем случае Smart энерго-GRID будем рассматривать, как сложную систему, т.е. такую систему, в модели которой недостаточно информации для эффективного управления такой системой [2]. Для комплексного описания данных системы необходимо использовать эффективные инструменты, которые позволяют обеспечить высокую наглядность информации, ее простую интерпретируемость, гибкость, масштабируемость и полноту. Для решения этой задачи в последнее время все шире стали применяться визуальные модели: концептуально-абстрактные, структурно-функциональные, информационные, объектные (рис. 1) [2].

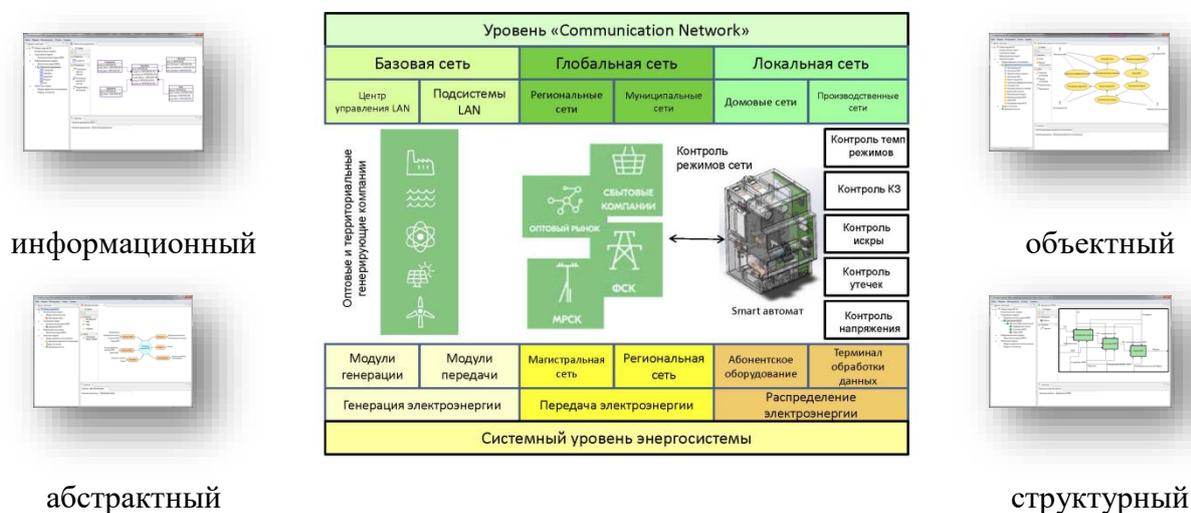


Рис. 1. Уровни визуального моделирования Smart энерго-GRID

В рамках интеллектуализации Smart энерго-GRID, особое внимание уделяется не только отдельным компонентам, но и общесистемной эффективности. С увеличением объемов передаваемых данных и использования IoT (Internet of Things) возникают новые проблемы, связанные с невозможностью облачных вычислений удовлетворить потребностям обработки больших данных из нескольких источников одновременно. Энергетические предприятия сталкиваются с необходимостью внедрения новых стандартов эксплуатации, технического обслуживания и обеспечения качества. Нормативные значения показателей качества электроэнергии (ПКЭ) и их перечень установлены стандартами (в Европейском Союзе – EN 50160, IEC 61000-4-30:2008; в России – ГОСТ Р 54149, ГОСТ 13109–97, и др.). Все это обуславливает целесообразность применения визуальных моделей при описании современных Smart энерго-GRID на концептуальном, структурно-функциональном, информационном и прикладном (объектном) уровнях [3]. Такие модели позволяют представлять исследуемую систему в виде иерархического каллиграфа, детально представляющего ее компоненты на соответствующем уровне экспертизы.

На рисунке 1 приведены основные компоненты Smart энерго-GRID и соответствующие визуальные модели. Генерирующие функции выполняют оптовые и территориальные генерирующие компании (ГК). Оптовый рынок обеспечивает возможность крупным компаниям-покупателям электроэнергии и мощности приобретать ее напрямую от генерирующих компаний по оптовым ценам. К сетевым компаниям относятся компании типа Федеральная сетевая компания (ФСК) и МРСК. ФСК выполняет функции по управлению Единой национальной электрической сетью, предоставляет услуги производителям по передачи электроэнергии в магистральных сетях и выполняет функции общего управления. Межрегиональная Распределительная Сетевая Компания (МРСК) обеспечивает передачу электричества по межрегиональным сетям. С конечными потребителями взаимодействуют отдельные сбытовые компании, которые и обеспечивают учет и управление режимами работы конечных потребителей. Предлагаемая концепция визуального моделирования способна предоставить универсальный и простой инструмент описания Smart энерго-GRID в условиях цифровой трансформации на всех уровнях детализации [2].

Библиографический список

1. Sustainable energy systems in the digital economy: concept of smart machines / V. A. Shakhnov, A. I. Vlasov, S. S. Filin, A. I. Krivoshein // *Entrepreneurship and Sustainability Issues*. – 2019. – Т. 6, No. 4. – P. 1975 – 1986.
2. Demin, A. A. Visual methods of formalization of knowledge in the conditions of the synchronous technologies of system engineering / A. A. Demin, A. I. Vlasov // *ACM International Conference Proceeding Series*. 13. «CEE-SECR 2017 – Proceedings of the 13th Central and Eastern European Software Engineering Conference in Russia». – 2017. – No. 3166098.
3. Modeling energy-efficient consumption at industrial enterprises / G. N. Todorov, E. E. Volkova, A. I. Vlasov, N. I. Nikitina // *International Journal of Energy Economics and Policy*. – 2019. – V. 9, No. 2. – P. 10 – 18.

АНАЛИЗ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКИМИ ТЕПЛОВЫМИ АППАРАТАМИ ПРЕДПРИЯТИЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ПРОФИЛЯ

П. А. Ворогушин, Н. А. Кольтюков, И. Н. Фетисов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

Аппараты с электронагревом широко применяются для термообработки сырья, материалов, полупродуктов и т.д., к ним относятся разного рода печи, вулканизаторы, автоклавы, сушилки и другие. Основными особенностями этого оборудования как объектов оптимального управления являются большая потребляемая мощность, значительная доля времени работы в динамических режимах, частая смена исходных данных. Большинство существующих алгоритмов управления не учитывают теплоаккумулирующие способности конструкции аппаратов с электронагревом и неточность задания начальных условий, что ведет к значительному перерасходу энергии в динамических режимах.

Эффективность работы систем оптимального управления во многом зависит от точности математического описания динамических режимов. Идентификация модели динамики аппарата с теплоаккумулирующими свойствами включает:

- определение структуры модели – одностадийная или многостадийная;
- определение вида и оценка параметров модели для каждой стадии, в том числе температурные диапазоны стадий;
- получение зависимостей параметров теплоаккумулирующих свойств от различных режимных и внешних факторов, в том числе начальной и конечной температуры, траектории изменения управляющего воздействия, нагрузки аппарата, окружающей температуры и др.

Для решения задач оптимального управления в качестве характеристики теплоаккумулирующих свойств удобно рассматривать изменение температуры $T = z_1$ после отключения (полного или частичного) электропитания нагревательных элементов.

Исследовались несколько альтернативных моделей в форме обыкновенных дифференциальных уравнений:

- объект первого порядка с запаздыванием (Аз)

$$\overset{\circ}{z}_1 = az(t) + bu(t - t_3); \quad (1)$$

- объект второго порядка с запаздыванием (АИз и ДАз)

$$\begin{pmatrix} \overset{\circ}{z}_1 \\ \overset{\circ}{z}_2 \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} z_1(t) \\ z_2(t) \end{pmatrix} + Bu(t - t_3); \quad (2)$$

- модель с двумя зонами (ДИз + Аз)

$$\begin{cases} \begin{pmatrix} \overset{\circ}{z}_1 \\ \overset{\circ}{z}_2 \end{pmatrix} = A_1 \begin{pmatrix} z_1(t) \\ z_2(t) \end{pmatrix} + B_1 u(t - t_{31}), & z_1 \in [z_1^0; z_1^n], \\ \overset{\circ}{z}_1 = a_2 z(t) + b_2 u(t - t_{32}), & z \in [z^n = z_1^n; z^k], \end{cases} \quad (3)$$

здесь a, b, A, B – параметры и матрицы параметров моделей соответственно; t_3 – время запаздывания.

При выполнении работ по идентификации выявлено, что значения отдельных параметров моделей существенно зависят от начальной температуры, которая определяется конструкцией нагревательного аппарата. Оценка параметров модели по экспериментальным данным показала, что от начальной температуры существенно зависят параметр b и время запаздывания t_3 , а параметр, a практически постоянен.

Библиографический список

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

ПАРАМЕТРЫ РЕБРИСТО-СТЕРЖНЕВОЙ АНТЕННЫ

П. А. Ворогушин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

Ребристо-стержневые антенны находят применение на сантиметровых, дециметровых и метровых волнах. В метровом диапазоне волн для уменьшения веса и парусности диски ребристо-стержневой структуры можно изготавливать из сетки или перфорированного листового материала.

В ребристо-стержневой антенне возбудителем является небольшой конический рупор, возбуждаемый круглым волноводом, направителем – отрезок открытого волновода в виде металлического стержня с периодически расположенными металлическими шайбами.

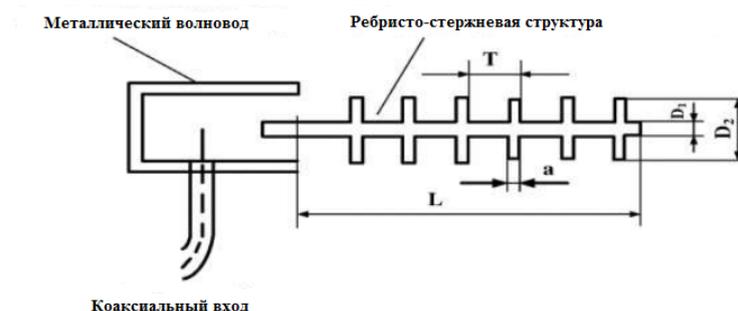


Рис. 1. Ребристо-стержневая антенна

В антеннах бегущей волны в качестве направителя используются так называемые однородные ребристо-стержневые замедляющие системы.

Ось поляризации проходит через центр круга и центр коннектора. Таким образом, если мы разместим антенну так, что коннектор будет находиться на вертикальной оси, проходящей через центр антенны (вверху или внизу – без разницы), то антенна будет иметь вертикальную поляризацию. Если повернуть антенну вокруг оси на 90° так, что коннектор окажется сбоку от центра (справа/слева – без разницы), то поляризация антенны станет горизонтальной.

В ребристо-стержневой структуре с коаксиальным возбуждением распространяется замедленная волна типа HE_{11} . Фрагмент направителя в его регулярной части (рис. 1). Коэффициент замедления (рис. 2) направителя зависит от диаметра шайб, диаметра металлического стержня, периода их расположения (периода замедляющей структуры) и т.д.

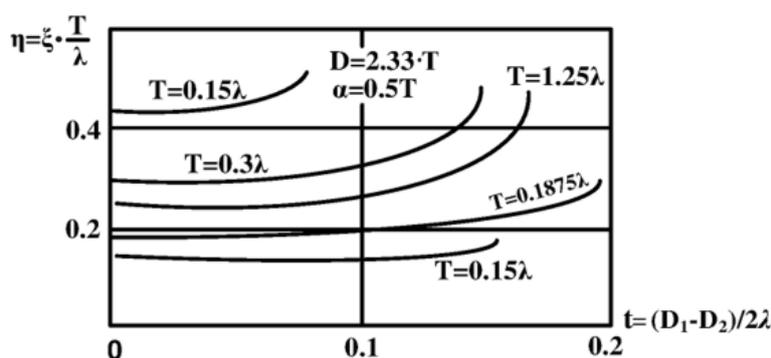


Рис. 2. Ребристо-стержневая антенна

Расчет направленных свойств выполняется по следующим формулам:

$$F(\theta) \approx \cos \theta \cdot \frac{\sin \Psi}{\Psi}, \quad \Psi = \frac{kL}{2} (\cos \theta - \xi).$$

Для расчета используется коэффициент замедления, полученный из рис.2.

Для режима осевого излучения ($\xi \geq 1$) справедливы формулы оценки значений КНД и ширины ДН:

$$D = (4,0 \div 7,2) \frac{L}{\lambda}, \quad 2\theta_{0,5} = (107 \div 61)^0 \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{L}}.$$

В формулах первый коэффициент в скобке соответствует значению $\xi = 1$, а второй – значению $\xi = \xi_{\text{опт}}$.

Таким образом, выбор оптимальных параметров антенны позволяет почти вдвое увеличить КНД и существенно сузить диаграмму направленности.

Библиографический список

1. Зырянов, Ю. Т. Антенны / Ю. Т. Зырянов, П. А. Федюнин, О. А. Белоусов. – Тамбов, 2014. – С. 128.
2. Юрцев, О. А. Резонансные и апертурные антенны / О. А. Юрцев, – Минск, 2000. – С. 89.
3. Юрцев, О. А. Антенны бегущей волны, антенные решетки, антенны коротких, средних и длинных волн / О. А. Юрцев. – Минск, 2001. – С. 4 – 17.

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ 3D-ПЛАНИРОВОК РАЗМЕЩЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УЧАСТКАХ

*А. В. Гараев, Л. В. Журавлева, Д. Н. Максимова,
И. А. Перишункин, Д. Д. Чернышов*

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия
(email: gav19u417@student.bmstu.ru)*

Введение. Одним из путей решения экологических проблем больших городов является сокращение промышленных зон в черте города. Однако для сокращения транспортных расходов на доставку жизненно важных товаров и обеспечения занятости местного населения в городах создаются проектные организации по разным направлениям, опытные и малые производства, которые размещаются на арендованных площадях. В этой ситуации становятся востребованными методы рационального использования арендованных помещений, с помощью которых арендаторы могут снижать накладные расходы.

Первые планировки размещения оборудования в производственных помещениях представляли собой бумажный носитель, на котором в плане в определенном масштабе условно изображались очертания помещений, установок, подводимых коммуникаций, рабочих мест для обслуживающего персонала. Эту работу выполняли чертежники за кульманом. Иногда для наглядности и экономии времени для перемещения деталей на планировках использовался метод аппликации. Для объемного представления производственных участков использовались различные методы макетирования.

Развитие информационных технологий способствовало снижению трудоемкости и повышению качества графической документации. Планировки размещения оборудования выполнялись уже с помощью программных продуктов с использованием графических и текстовых редакторов и систем автоматизированного проектирования (САПР).

Для разработки двумерных чертежей используется AutoCAD. Программа позволяет подготовить двумерную планировку производственной линии. Inventor – система трехмерного твердотельного и поверхностного параметрического моделирования (САПР). Программа позволяет подготовить двумерную планировку производственной линии, создать модель установки, но в ней нельзя размещать модели. PlantSimulation – программная среда имитационного моделирования систем и процессов, в которой можно размещать модели и производить производственные расчеты, но нельзя делать чертежи. Программа позволяет получить макет будущего предприятия и рассчитать скорость и эффективность производства. Программа «Умная линия ОСТЕК» способна отслеживать состояние и предлагать различные решения по оптимизации производства конкретной линии, но она не позволяет сделать чертежи производственных цехов и редактировать заранее созданные линии. «Умная линия» – уникальное решение для повышения эффективности сборочно-монтажного оборудования. Программа позволяет подключить оборудование к единой системе, с помощью которой можно максимально эффективно использовать оборудование и увеличивать срок его службы. Сравнительные данные по стоимости пользования программами представлены в табл. 1.

1. Сравнительные данные по стоимости пользования программами

№ п/п	Название программы	Стоимость пользования
1	AutoCAD	82 774 руб./год, возможно пользование пробной версией программы в течение 30 дней
2	Inventor	Зависит от отрасли и партнерства с Autodesk (приблизительно как AutoCAD)
3	PlantSimulation	Можно использовать программу бесплатно в течение 30 дней, стоимость программы недоступна
4	«Умная линия ОСТЕК»	Программу нельзя приобрести и невозможно использовать, так как она интегрируется непосредственно в оборудование компании «Остек-СМТ»

Программа «Технолог» разработана для использования в учебном процессе при изучении дисциплины «Технологическая подготовка производства» [1]. Программа позволяет размещать оборудование в виртуальном пространстве помещения с заданными размерами в соответствии с требованиями СанПиН и получать наглядное трехмерное изображение производственного участка [2]. В программе содержится своя база данных характеристик производственного участка и парк 3D-моделей оборудования. Программа проста в использовании, не требует специальной подготовки и предоставляется бесплатно. Примеры планировок размещения оборудования, полученных с помощью AutoCAD и программы «ТЕХНОЛОГ» представлены на рис. 1 и 2.

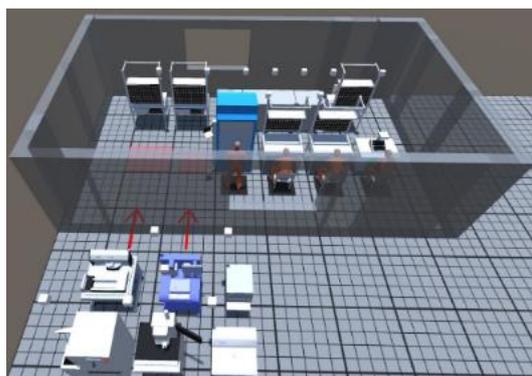


Рис. 1. Чертеж планировки производственного цеха

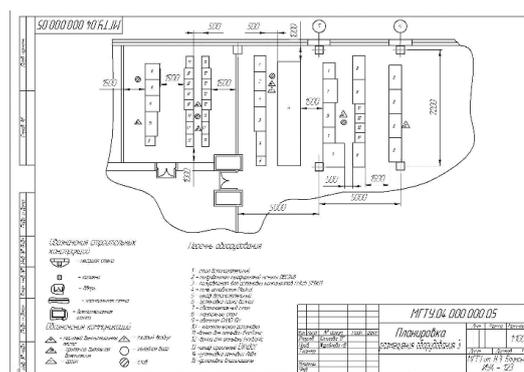


Рис. 2. Изображение в программе

Библиографический список

1. Шахнов, В. А. Визуальные методы в условиях синхронных технологий передачи знаний / В. А. Шахнов, А. И. Власов, Л. В. Журавлева // Тезисы докладов второй междунар. науч.-практ. конф. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016. – С. 153–154.
2. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БИОТОПЛИВА

А. Н. Грибков, Н. Ю. Залукаева

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

В условиях непрерывно возрастающего спроса на экологически чистые и возобновляемые источники энергии, значительно увеличилось количество производителей и потребителей биотоплива, что, в свою очередь, существенно усложнило процесс его распределения. Общая задача оптимального управления процессом распределения биотоплива (топливных пеллет) включает в себя множество частных оптимизационных задач, от успешного и своевременного решения которых зависит деятельность всех участников процесса распределения (поставщиков, потребителей и перевозчиков).

Общая задача управления процессом распределения биотоплива заключается в формировании оптимальных управляющих решений, обеспечивающих бесперебойную доставку топливных пеллет от производителей к потребителям. Основным критерием оптимальности является минимизация временных и материальных затрат при соблюдении качественных и количественных характеристик биотоплива в процессе его транспортировки от производителя к потребителю.

При решении сформулированной задачи необходимо учитывать следующие возможные ограничения [1]:

- по времени доставки и резервному остатку топливных пеллет у потребителя (для обеспечения бесперебойной поставки биотоплива и функционирования системы теплоснабжения потребителя);
- по объему разовой поставки биотоплива (для учета возможностей хранения энерго-ресурсов у потребителя);
- по общей стоимости биотоплива для потребителя, которая является одним из критериев оптимальности и должна стремиться к минимуму;
- по виду доставляемых пеллет (для учета особенностей котельного оборудования, установленного у потребителя).

Общая задача оптимального управления процессом распределения биотоплива может быть декомпозирована на ряд частных задач, актуальных для различных участников процесса.

К числу частных задач можно отнести следующие:

1) для потребителей:

- определение оптимального времени подачи заявки на поставку биотоплива;
- определение оптимального размера партии поставки;
- поиск поставщика по критерию минимальной стоимости продукции, подходящих видов топливных пеллет, условий поставки;
- поиск перевозчика по критерию наличия необходимого типа подвижного состава по вместимости, способу погрузки-выгрузки, минимизации стоимости выполнения транспортных и погрузочно-разгрузочных работ;

- 2) для производителей:
- прогнозирование и планирование поставок биотоплива потребителям, с которыми заключены договора;
 - поиск новых потребителей и рынков сбыта производимого биотоплива;
- 3) для перевозчиков:
- подбор типа и модели транспортного средства для выполнения перевозки топливных пеллет с сохранением их качественных и количественных характеристик;
 - оптимизация маршрутов движения, с целью минимизации непроизводительных пробегов.

Решение общей и частных задач оптимального управления процессом распределения биотоплива, возможно осуществить в автоматизированном режиме с использованием информационно-управляющей системы, которая обеспечит взаимосвязанную работу всех участников процесса распределения в рамках единой информационной среды [2].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-37-90056.

Библиографический список

1. Грибков, А. Н. Информационная модель процесса транспортировки биотоплива от производителей к потребителям на множестве состояний функционирования / А. Н. Грибков, Н. Ю. Залукаева // Южно-Сибирский научный вестник. – 2021. – № 3(37). – С. 19 – 25.
2. Залукаева, Н. Ю. Концепция построения информационно-управляющей системы процессом транспортировки биотоплива / Н. Ю. Залукаева, А. А. Гуськов // Энергосбережение и эффективность в технических системах : Материалы VI Междунар. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. – Тамбов, 2019. – С. 109 – 111.

АНАЛИЗ МНОГОСТАНЦИОННОГО ДОСТУПА В АВИАЦИОННЫХ ВОЗДУШНО-НАЗЕМНЫХ РАДИОСЕТЯХ

М. А. Данилин, П. В. Сягодзинский

*Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия
(e-mail: maxxl78@mail.ru)*

Основную роль при обеспечении управления государственной авиацией играет радиосвязь, которая организуется во всех органах управления и является основным средством информационного обмена с экипажами воздушных судов в воздухе. В воздушно-наземных радиопереходах применяется радиотелефонная, радиотелеграфная и телекодовая (передача данных) связь. Анализ информационного обмена в воздушных радиопереходах показывает, что, несмотря на общую тенденцию перехода на цифровые стандарты радиосвязи, часть информации должна передаваться в аналоговом виде (речь).

В гражданской авиации в настоящее время осуществляется эксплуатация множества типов самолетов и вертолетов, которые оснащены различными поколениями и типами радиостанций, начиная от отдельных радиостанций производства 1980 – 90-х годов и заканчивая современными бортовыми комплексами связи (БКС) [1, 2].

Анализ информационного обмена существующих воздушных радиолиний показывает, что трафик в направлении «воздух–земля» и «земля–воздух» существенно отличаются. При этом воздушно-наземная радиосвязь обеспечивается в многоканальной системе массового обслуживания с ненадежными каналами и возможностью использования нескольких каналов одновременно, что определяет проблему распределения частотно-пространственно-временного ресурса.

Специфику воздушной связи в направлении «воздух–земля» во многом определяют методы множественного доступа (ММД). Методы множественного доступа предназначены для эффективного использования ограниченного ресурса радиоканала некоторым множеством терминалов (абонентов). По способам управления доступом в радиоканал можно выделить 5 классов [3]:

1. ММД с жестким распределением ресурсов. К данному классу следует отнести протоколы TDMA, FDMA, CDMA. Протоколы эффективны при ограниченном числе терминалов с постоянным трафиком.

2. ММД со случайным доступом ALOHA, S-ALOHA, CSMA. Область применения протоколов – системы с большим числом малоактивных терминалов и резко выраженным пакетным трафиком.

3. ММД с централизованным управлением SRMA, SRMA-RAM. Данные протоколы предполагают режим работы типа «запрос – ответ», а также резервирование ресурса (полоса, временный слот) центральной станции по запросу терминала. Основным недостатком протоколов – значительная задержка перед началом передачи, даже в отсутствии конкурирующих абонентов.

4. ММД с децентрализованным управлением R-ALOHA, RR, MSAR, RUC. Данная группа протоколов основана на выполнении терминалами общего согласованного алгоритма с целью координации своих действий. Недостаток протоколов – значительная задержка перед началом передачи, даже в отсутствии конкурирующих абонентов.

5. ММД комбинированные протоколы MSAP-CSMA, URN, S-ALOHA-TDMA. К ним относятся протоколы, являющиеся комбинацией 2-х или более протоколов, входящих в 1-4 группы.

Проведенный рядом авторов [1, 3] сравнительный анализ ММД по количеству работающих радиостанций, загрузке, вероятности искажения и потери пакетов, с учетом специфики воздушно-наземной радиосвязи позволяет обоснованно выбрать комбинированный метод типа FDMA-S-ALOHA.

Таким образом, проведенный анализ показывает, что воздушно-наземная радиосвязь обеспечивается в многоканальной системе массового обслуживания с ненадежными каналами, по которым передается разнородный трафик, обладающий свойством самоподобия. Для обеспечения качества информационного обмена в таких системах предлагается использовать комбинированный метод многостанционного доступа абонентов типа FDMA-S-ALOHA.

Библиографический список

1. Авиационные системы и комплексы радиосвязи / В. И. Тихонов, А. Л. Аникин, С. А. Столяров и др. – М. : Изд-во ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 2007. – 784 с.
2. Леньшин, А. В. Бортовые радиоэлектронные системы / А. В. Леньшин, Н. М. Тихомиров, С. А. Попов. – Воронеж : Научная книга, 2015. – 309 с.
3. Войткевич, К. Л. Методы управления трафиком в наземно-воздушных сетях связи : автореф. ... д-ра техн. наук / К. Л. Войткевич. – Н.-Новгород, 1998. – 48 с.

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИИС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

О. С. Дмитриев, А. А. Барсуков

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

В современных условиях развития информационных технологий информационно-измерительные системы (ИИС) становятся популярным инструментом научных работников и исследователей, позволяющие повысить эффективность научных исследований, проектных работ и технологических процессов. Наиболее востребованы ИИС при исследовании процессов с большим количеством характеристик, каковыми являются полимерные композиты.

Полимерные композиты (ПК) на современном этапе развития материаловедения являются перспективными конструкционными материалами, качество которых определяется температурно-временным режимом отверждения и его оптимальностью. Проектированию оптимальных температурно-временных режимов предшествует построение математической модели отверждения, идентификация параметров этой модели и решение оптимизационной задачи [1].

Основными параметрами математической модели процесса отверждения полимерных композитов являются теплофизические (ТФХ) и кинетические характеристики (КХ). Определение ТФХ и КХ предусматривает сбор и обработку большого объема экспериментальной информации, для чего необходима разработка специального алгоритмического обеспечения ИИС.

Основой алгоритма определения теплофизических характеристик и мощности тепловыделений является решение обратной задачи теплопроводности. В основе алгоритма определения кинетических характеристик лежит метод равных конверсий. Учитывая, что указанные данные измеряются с некоторыми погрешностями, возникла необходимость в аппроксимации полученных КХ по известным моделям, построенным на основе исследования химических преобразований, происходящих в процессе отверждения полимерных композитов. Выбор и построение адекватной модели кинетики проводили на основе нейросетевого моделирования [2].

Разработаны методы и алгоритмы обработки измерительной информации и исследования теплофизических и кинетических характеристик, которые составляют основу алгоритмического обеспечения ИИС процесса отверждения полимерных композитов. По типу задач, которые они решают, все алгоритмическое обеспечение разделено на следующие алгоритмы:

- алгоритмы управления ходом эксперимента и первичной обработки экспериментальной информации;
- алгоритм коррекции экспериментальных данных – предназначен для предварительной обработки экспериментальных данных, расчета необходимых поправок и устранения систематических погрешностей исходных данных;

- алгоритмы расчета – решения задач определения теплофизических и кинетических характеристик на основе информации, полученной в эксперименте, а также алгоритм расчета оптимальных режимов отверждения изделий из полимерных композитов;
- алгоритм поддержки принятия решения – выбирает метод определения теплофизических характеристик с минимальной погрешностью;
- алгоритм нейросетевого моделирования – выбирает модель кинетических характеристик с минимальной погрешностью;
- алгоритм ведения базы данных;
- алгоритм управления ИИС – позволяет перераспределять данные между экспериментальным модулем, расчетными модулями, модулями коррекции и вывода, модулем ведения базы данных на основе реализации необходимых запросов, а также передает управляющие действия модулям системы в соответствии с алгоритмами их функционирования и требованиями пользователя ИИС.

Разработанная ИИС позволяет автоматизировать процесс исследования ТФХ и КХ в процессе отверждения; минимизировать погрешность расчета за счет автоматического выбора алгоритма расчета и модели, оптимального для конкретных условий эксперимента из имеющихся в программном обеспечении ИИС. Разработанная система может быть использована как самостоятельное средство измерения, так и составе интегрированной ИИС исследования свойств и расчета оптимальных температурно-временных режимов отверждения изделий из полимерных композитов.

Библиографический список

1. Дмитриев, О. С. Интеллектуальная информационно-измерительная система для определения теплофизических характеристик полимерных композитов / О. С. Дмитриев, А. А. Живенкова, А. О. Дмитриев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19, № 1. – С. 73 – 83.
2. Дмитриев, О. С. Моделирование кинетических характеристик процесса отверждения полимерных композитов на основе нейронной сети / О. С. Дмитриев, А. А. Барсуков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2021. – Т. 27, № 1. – С. 31 – 41.

ОБОСНОВАНИЕ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ «ISKRATEL SI3000» К КЛАССУ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

А. Ю. Дмитриевцев, А. Ю. Наумова, Ю. Т. Зырянов

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: Dmitrievcev978@gmail.com, nastja.naumova@mail.ru, zut-tmb@mail.ru)*

Самым широким классом измерительных систем прямого назначения являются информационно-измерительные и управляющие системы (ИИУС). Назначение ИИУС определяют как целенаправленное оптимальное ведение измерительного процесса и обеспечение смежных систем высшего уровня достоверной информацией. Основные функции ИИУС – получение измерительной информации от объекта наблюдения, ее обработка, передача, представление

информации оператору или/и компьютеру, запоминание, отображение и формирование управляющих воздействий.

ИИУС должна управлять измерительным процессом или экспериментом в соответствии с принятым критерием функционирования; выполнять возложенные на нее функции в соответствии с назначением и целью; обладать требуемыми показателями и характеристиками точности, помехоустойчивости, быстродействия, пропускной способности, адаптивности и отвечать технико-экономическим требованиям, предъявляемым к способам и форме представления информации, быть приспособленной к функционированию с информационными системами смежных уровней иерархии и другими ИИУС [1 – 3].

В данной статье в качестве ИИУС будет рассмотрена телекоммуникационная система типа Iskratel Si3000.

Как изображено на рис. 1, Si3000 разделяется на три основных уровня (информационный, управляющий и измерительный), каждый из них имеет соответствующий ряд функций, коммутация между уровнями осуществляется посредством открытых интерфейсов.

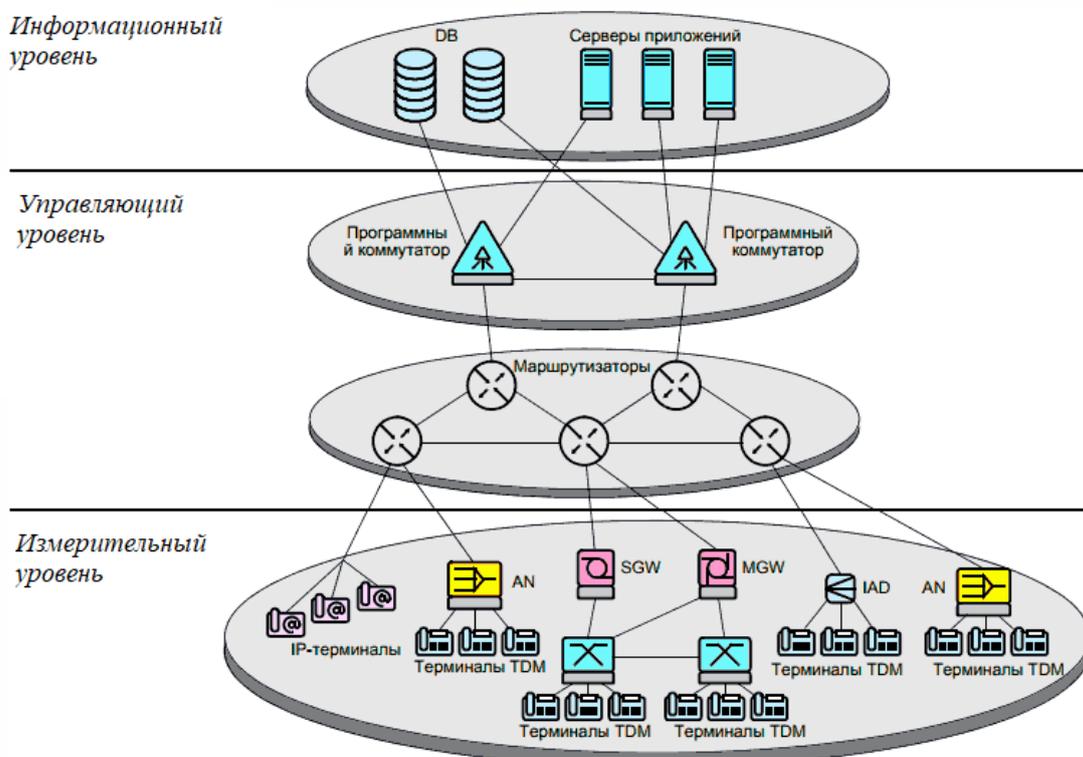


Рис. 1. Структура Si3000 с разделением по функциональным уровням

Функции отдельных уровней разделены и выполняются различными элементами системы, а именно: шлюзами доступа (Access Gateway – AGW), медиа-шлюзами (Media Gateway – MG), шлюзами сигнализации (Signalling Gateway – SG), программными коммутаторами (CallServer – CS), серверами приложений (Application Server – AS), медиа-серверами (Media Server – MS) и другими, более мелкими и раздробленными частями телекоммуникационной системы.

Таким образом, можно сделать вывод, что данная телекоммуникационная система может рассматриваться как ИИУС, так как у нее присутствуют все необходимые для этого характеристики и уровни [4].

Библиографический список

1. 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 – 46.
2. Оценка надежности сетевых информационных структур / Ю. Ю. Громов, В. Е. Дидрих, А. И. Елисеев и др. // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2016. – № 1. – С. 33 – 39.
3. Об одном подходе к формированию смешанной системы управления техническим состоянием радиотехнических средств / Ю. Т. Зырянов, В. В. Лебедев, Д. Н. Ледовских, И. Г. Рязанов // Надежность и качество сложных систем. – 2017. – № 3(19). – С. 49 – 59.
4. Основы технической эксплуатации радиотехнических систем специального назначения : учебник / В. Н. Ратушняк, И. Н. Ищук, К. А. Малыков и др. – Красноярск, 2015. – С. 53 – 55.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДЕЛИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕМРИСТОРА

Ду Хаолун

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

Мемристор как наноразмерное устройство рассматривается как четвертый элемент цепи за пределами резисторов, конденсаторов и индукторов [1]. Он считается следующим поколением технологии энергонезависимой памяти с преимуществами высокой скорости, низкого энергопотребления, легкой интеграции и совместимости с КОМП (комплементарная структура металл-оксид-полупроводник; англ. CMOS) процессами. Мемристор может реализовать логические операции в энергонезависимых состояниях и вычислительные функции, такие как морфология мозговых нервов, слияние хранения информации и вычислений в одном устройстве, может использоваться в качестве основного базового устройства для будущего хранения информации и вычислительной интеграции вычислительных моделей без Тьюринга и вычислительной архитектуры без фон Неймана. Мемристор имеет важное значение и важную роль в таких областях, как хранение информации сверхвысокой плотности, сверхвысокие высокопроизводительные вычисления и искусственный интеллект в эпоху больших данных.

Моделирование мемристора типа управления зарядом. Мемристор HP это самый классический мемристор. Его модель такова [2]:

$$M(t) \approx R_{OFF}(1 - kq(t)), \quad (1)$$

где $k = \mu_V R_{ON} / D^2$.

В соответствии с моделью мемристора HP мы используем операционный усилитель AD844AN [3] и аналоговый умножитель AD633JN для реализации моделирования мемристора типа управления зарядом, как показано на рис. 1.

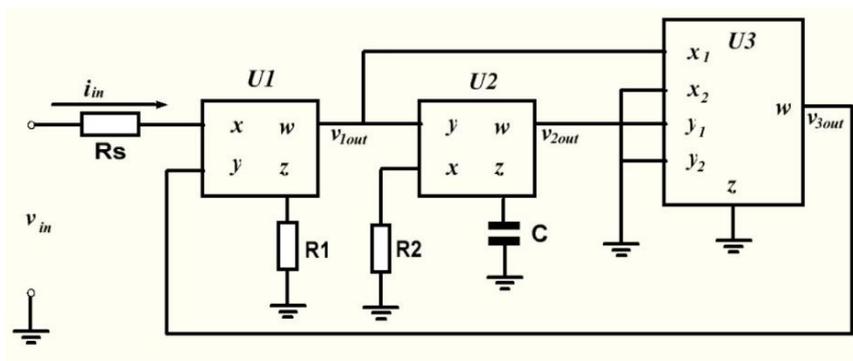


Рис. 1. Модель мемристора типа управления зарядом

Где U1,U2 – операционный усилитель AD844AN; U3 – аналоговый умножитель AD633JN

Моделирование мемристора типа управления магнитным потоком. Ссылаясь на характеристики мемристора типа управления зарядом, мы можем предположить формулу мемристора типа управления магнитным потоком:

$$W_M(\varphi) = W_s + \lambda \cdot \varphi(t). \quad (2)$$

Как показано на рис. 2, мы использовали операционный усилитель и симулятор для построения модели мемристора типа управления магнитным потоком.

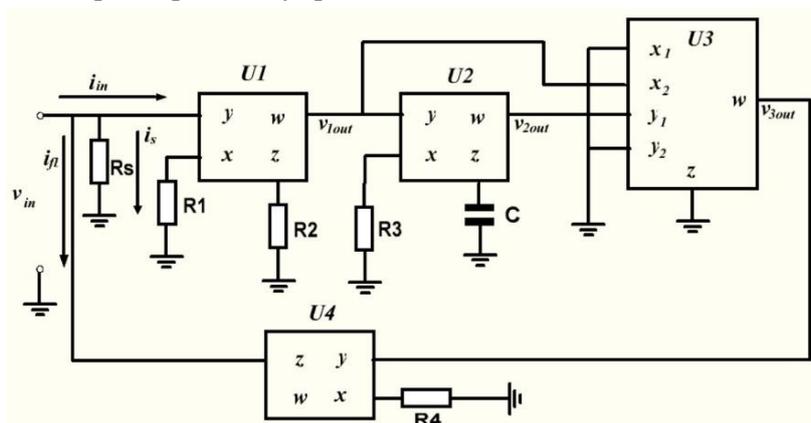


Рис. 2. Модель мемристора типа управления магнитным потоком

Где U1, U2, U4 – операционный усилитель AD844AN; U3 – аналоговый умножитель AD633JN

Вывод:

1. Все графики имеют наклонную “8” форму Фигуры Лиссажу – сжатая петля гистерезиса (pinched hysteresis loop);
2. В условиях одинаковой амплитуды напряжения при увеличении частоты нелинейность уменьшается;
3. В условиях одинаковой частоты сигнала при увеличении напряжение нелинейность увеличивается;
4. По сравнению с мемристором типа управления зарядом, мемристор типа управления магнитным потоком имеет узкий частотный диапазон и является низкочастотным;
5. Разработанная нами модель мемристора успешно удовлетворяет трем основным характеристикам мемристора.

Библиографический список

1. Chua, L. O. Memristor-The missing circuit element / L. O. Chua // IEEE Transactions on Circuit Theory. – 1971. – No. 18(5). – P. 507–519.
2. The missing memristor found. Nature / D. Strukov, G. Snider, D. Stewart et al. – 2008. – V. 453. – P. 80 – 83.
3. Обзор AD844. – URL : <https://www.analog.com/ru/products/ad844.html#product-overview>

ИНТЕРАКТИВНЫЕ ПРОЕКТНЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Н. В. Еловский, Л. В. Журавлева, Е. А. Лосев

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия
(e-mail: fogel09@mail.ru)*

Цифровая трансформация промышленности и повсеместное внедрение концепции «Индустрия 4.0» накладывает свой отпечаток и на реализацию современного образовательного процесса [1]. В процессе обучения специальности конструктор-технолог электронной аппаратуры студенты проектируют различную технологическую документацию (маршруты изготовления и сборки изделий, технологические операции, технологические инструкции и др.). При этом используются не только прототипы производственной технологической документации, но и современные методы организации проектирования документации на стадиях постановки изделий на производство и серийного выпуска продукции.

В современном производстве используется электронная описательная документация, предназначенная для ознакомления с конструкцией изделия, его основными параметрами и характеристиками, нормами расхода основных материалов, условиями транспортировки, хранения и утилизации. Создание и использование описательной электронной документации регламентируется большим количеством стандартов. В учебных заведениях технологическая документация, которую разрабатывают студенты на практических занятиях, также регламентируется специальными требованиями кафедр (СТК).

Учетно-отчетная студенческая документация аккумулируется в виде баз данных (каталогов оборудования, Перечней операций и переходов, основных и вспомогательных материалов, форм учебной технологической документации, методик разработки технологической документации, моделей различных изделий), которые используются также для разработки методического обеспечения и подготовки резерва преподавательского состава.

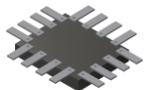
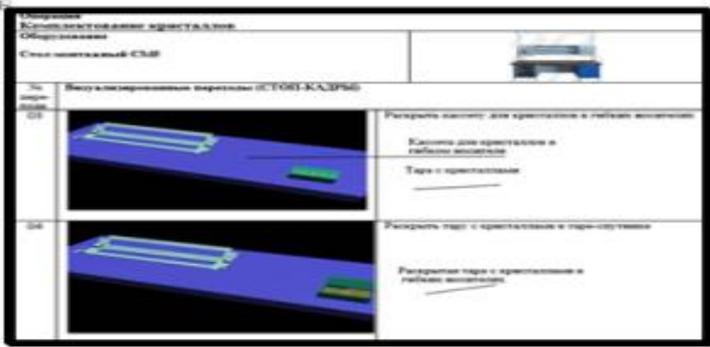
Разнообразные эффективные подходы к передаче знаний реализуются с помощью различных визуальных инструментов и моделей [2]. Одной из возможностей применения интерактивных образовательных технологий является создание интерактивной документации [3].

При разработке интерактивной технологической документации в учебном процессе разрабатывается комплекс работ, аналогично тому, как это происходит в современном производстве.

Виды работ и пример создания интерактивной операции представлены в табл. 1.

Для разработки описательной и графической интерактивной технологической документации требуются различные программные решения. Коммерческие продукты чаще всего недоступны для использования в учебном процессе, поэтому требуется разработка оригинальных адресных программ, адаптированных к решению образовательных задач.

1. Виды работ по разработке интерактивной документации

№ п/п	Виды работ	Форма представления	№ п/п	Виды работ	Форма представления																																				
1	Разработка и подготовка исходных данных (документация и образцы изделия)		4	Последовательность проектирования маршрута сборки микросхем (технологические операции заносятся в форму в соответствии с маршрутом)	<p style="text-align: center;">ПЕРЕЧЕНЬ операций для разработки маршрута сборки микросхем</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>№</th> <th>Название операции</th> <th>Оборудование</th> <th>T_{шт}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td>Распайка кристаллов (из параллельной тары)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>Контроль герметичности по большому герму</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>Технологические испытания</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>Опрессовка МБИС</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>Визуальный контроль качества деталей корпусов (визуальный)</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>Функциональный контроль собранной сборки</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>Присоединение выводов кристаллов к контактным площадкам платы</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>Присоединение элементов МБИС к основанию корпуса</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	№	Название операции	Оборудование	T _{шт}		Распайка кристаллов (из параллельной тары)				Контроль герметичности по большому герму				Технологические испытания				Опрессовка МБИС				Визуальный контроль качества деталей корпусов (визуальный)				Функциональный контроль собранной сборки				Присоединение выводов кристаллов к контактным площадкам платы				Присоединение элементов МБИС к основанию корпуса		
№	Название операции	Оборудование	T _{шт}																																						
	Распайка кристаллов (из параллельной тары)																																								
	Контроль герметичности по большому герму																																								
	Технологические испытания																																								
	Опрессовка МБИС																																								
	Визуальный контроль качества деталей корпусов (визуальный)																																								
	Функциональный контроль собранной сборки																																								
	Присоединение выводов кристаллов к контактным площадкам платы																																								
	Присоединение элементов МБИС к основанию корпуса																																								
2	Разработка 3D-модели изделия		5	Разработка Каталога оборудования. В каталоге оборудования содержатся установки и их описания																																					
3	Разработка Перечня технологических операций (операции располагаются произвольно)	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> Определить последовательность выполнения операций </div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> Определить оборудование для выполнения каждой операции </div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> Разработать маршрут сборки и монтажа микросхемы </div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> Занести результаты в ФОРМУ 1 СТК ИУ </div>	6	Разработка Форм для занесения информации (используются формы в соответствии с требованиями СТК)	<p style="text-align: center;">Маршрутная карта</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>№ Операции</th> <th>Название операции</th> <th>Оборудование</th> <th>T_{шт}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	№ Операции	Название операции	Оборудование	T _{шт}																																
№ Операции	Название операции	Оборудование	T _{шт}																																						
7	Создание интерактивной операции																																								

Библиографический список

1. Хальзев, С. Е. Использование языка диаграмм XtUML для высокоуровневого проектирования цифровой компонентной базы / С. Е. Хальзев, А. И. Власов, В. А. Шахнов // Датчики и системы. – 2021. – № 1(254). – С. 18 – 24.
2. Juravleva, L. V. Visual environment of cognitive graphics for end-to-end engineering project-based education / L. V. Juravleva, V. A. Shakhnov, A. I. Vlasov // Journal of Applied Engineering Science. – 2019. – Т. 17, No. 1. – С. 99 – 106.
3. Перспективные технологии в системах электронного конструкторско-технологического документооборота / В. Н. Балинец, Ю. В. Башмакова, Ж. Исабаева, Л. В. Журавлева // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2020. – № 4(180). – С. 30 – 37.

СИНТЕЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ МЕМРИСТОРОВ С ЛЕГИРОВАННЫМ РЕЗИСТИВНЫМ СЛОЕМ

В. П. Жалнин

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

Введение. В качестве одного из наиболее перспективных направлений создания энергоэффективной памяти рассматривается структура металл/оксид/металл, получившая название мемристор.

Исследования последних лет показали, что применение в мемристорах нанометровых пленок из нестехиометрических оксидов переходных металлов (например TiO_2 , WO_3 , VO_2) без легирующих добавок не позволяет сделать прибор с приемлемым сроком службы. Проведенный авторами анализ различных источников [1, 2], посвященных изучению влияния добавок катионов на электрические свойства окисных систем, позволяет сделать вывод о том, что частичное замещение позиций в узлах кристаллической решетки возможно сделать нижеперечисленными способами:

1. Частичное замещение атомами (легированием) лантаноидными металлами, например празеодим Pr, неодим Nd, самарий Sm.

2. Частичное замещение ионами, а возможно и окислами металлов со 2-й по 6 группу таблицы Менделеева, например барий Ba, стронций Sr, Sn, Zr, Hf, Ge, Nb, Ta, Mo, W. Особо следует обратить внимание на металлы, обладающие высокими каталитическими способностями.

Анализ долговечности мемристорных структур. Одним из факторов, влияющих на долговечность мемристорных структур, является использование нанометровых пленок из нестехиометрических оксидов переходных металлов без легирующих добавок. Это обусловлено тем, что резистивное переключение в таких пленках в большинстве случаев нестабильно: параметры переключения, такие как значение силы тока в высокоомном и низкоомном состоянии, пороговое напряжение переходов из одного состояния в другое, могут меняться от цикла к циклу. Общее количество переключений невелико, после чего, как правило, наблюдается деградация структуры, при которой структура необратимо переходит в низкоомное состояние.

В последнее время исследователи стремятся усложнить состав наноразмерного резистивного слоя мемристора с целью получить новые электрические характеристики. Именно поэтому, если в начале исследований использовались простые окисные системы типа TiO_2 , WO_3 , VO_2 и т.п., то в последнее время преобладают более сложные системы, например, $HfAl_xO_y/HfO_2/RuO_2$ или $Au/Zr/CDC/TiN/Ti/SiO_2/n-Si$ $Au/Zr/CDC+Au/TiN/Ti/SiO_2/n-Si$, $HfAlO_x$ и т.п.

В функциональных нанометровых пленках резистивного слоя мемристора могут быть два вида дефектов. Первый – это естественно сформировавшиеся дефекты в процессе изготовления и/или отжига мемристора (дислокации, границы зерен и вакансии). Второй – это специально сформированные дефекты, полученные добавлением наночастиц металлов, например Au, которые действуют как электронные ловушки. И если числом первых видов дефектов довольно сложно управлять, то вторым можно управлять за счет легирования. Отдельно следует отметить возможность дозированного введения наночастиц металлов, прежде всего благородных, что стабилизирует электрические свойства резистивного слоя, в результате чего

увеличивается воспроизводимость параметров приборов. Для предотвращения деградации параметров резистивного слоя мемристора его необходимо надежно изолировать от внешней среды. Ведение наночастиц благородных металлов оказывает стабилизирующее влияние на параметры мемристора.

Отдельные результаты исследований получены в рамках Гранта РФФИ № 19-07-00463.

Библиографический список

1. Vlasov, A. I. Methods for improvement of the consistency and durability of the inorganic memristor structures / A. I. Vlasov, V. P. Zhalnin, V. A. Shakhnov // Int. J. Nanotechnology. – 2018.
2. Возможности применения перспективной нейросетевой элементной базы на основе неорганических мемристоров / А. И. Власов, В. П. Жалнин, В. А. Шахнов, И. О. Алябьев // Нейрокомпьютеры и их применение : тез. докл. XVII Всерос. науч. конф. – М. : МГППУ, 2019. – С. 240 – 245.

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ СВЯЗИ

М. М. Зебрева¹, Ю. Т. Зырянов²

*¹ФГАОУВО «Национальный исследовательский
ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия*

*²ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия
(e-mail: zebrevam@mail.ru, zut-tmb@mail.ru)*

В настоящее время системы связи находятся на переходном этапе своего развития, это обусловлено наличием аналоговых систем и поступающей по программе перехода на цифровое телекоммуникационное оборудование аппаратуры цифровых систем передачи. Эта специфика влияет на техническое обслуживание и поддержание техники связи в работоспособном состоянии. Так, например, УПАТС «МиниКом-DX500» предназначены для работы, как с аналоговыми телефонными аппаратами, так и для работы с цифровыми системными телефонными терминалами. В связи с этим задача технического диагностирования оконечной телефонной аппаратуры с использованием цифровой АТС является актуальной.

Существующий метод текущего ремонта аналоговых телефонных аппаратов включает в себя замену вышедшего из строя аппарата заведомо работоспособным, с последующим ремонтом отказавшего телефона в стационарных условиях, это требует наличия комплекта средств диагностирования и резерва работоспособных телефонных аппаратов. Особенно это актуально при развертывании средств связи при чрезвычайных ситуациях, поэтому в полевом компоненте целесообразно иметь простое устройство для оперативной диагностики аналогового телефонного аппарата непосредственно на месте его установки. Это позволит осуществлять проверку работоспособности, а также операции текущего ремонта без замены аппарата. Особенно это важно, при организации связи ограниченным составом сил и средств, в удалении от основных систем телекоммуникаций. Диагностика аналоговых оконечных устройств с использованием ресурса цифровой АТС затруднительна, так как это потребует значительной доработки телефонного аппарата, что экономически не целесообразно.

Указанная проблема частично решена в цифровых телекоммуникационных средствах связи. В новых образцах имеется встроенная система технического диагностирования, управление которой осуществляется с автоматизированного рабочего места оператора. Однако, не охваченными техническим диагностированием остаются аналоговые элементы оконечных цифровых ТА (усилители передачи и приема, вызывные, разговорные устройства и т.д.). Техническое диагностирование проходит лишь линейное оборудование и микроконтроллер цифрового телефонного аппарата. Хотя значения показателей надежности аналоговой части телефонного аппарата значительно ниже, чем цифровой. Поэтому актуальным является вопрос разработки такой системы технического диагностирования, которая охватывает все элементы цифрового ТА, при невысокой стоимости и простоте ее реализации.

Широкое внедрение микропроцессорной техники в цифровые системы передачи позволяет построить комплексную систему диагностирования непосредственно в самом цифровом телефонном аппарате, с привлечением ресурсов цифровой АТС. Управление процессом технического диагностирования может осуществляться децентрализованно, с АРМ ЦАТС и с цифрового телефонного аппарата. Предлагаемая система технического диагностирования позволит оперативно определить отказ и своевременно выдать информацию и рекомендации по устранению неисправности на АРМ ЦАТС [1 – 3].

Библиографический список

4. Селиванова, З. М. Технология радиоэлектронных средств : учебное пособие / З. М. Селиванова. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2013. – № 9. – С. 33 – 37.
5. Прогнозирование квазигармонического сигнала в пространстве состояний / С. Н. Данилов, Н. А. Кольтюков, С. В. Петров, Т. И. Чернышова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2016. – Т. 22, № 3. – С. 374 – 380.
6. Чернышова, Т. И. Метод повышения метрологической надежности при проектировании аналоговых блоков информационно-измерительных систем / Т. И. Чернышова, В. В. Третьяков // Надежность и качество сложных систем. – 2017. – № 1(17). – С. 50 – 58.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В МИКРОКОНТРОЛЛЕРНЫХ СИСТЕМАХ

О. В. Зобов, Л. В. Журавлева

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

Развитие технологий интернета вещей (IoT) способствовало появлению большого количества подключаемых устройств, которые используют запуск нескольких приложений в многопоточном режиме. В таких устройствах используются операционные системы (ОС) с полным сетевым стекком, адаптированным к встраиваемым системам, которые могут работать бесперебойно длительное время. Одной из основных проблем является обеспечение повышения срока службы систем, работающих от первичных источников электропитания (например, батареек), на уровне операционных систем (ОС), т.е. управление потреблением ресурсов на уровне ОС должно быть энергоэффективным. Это обуславливает актуальность разработки и практического применения методов энергосбережения для встраиваемых систем [1].

Для встраиваемых систем используются специализированные ОС. так, в ОС TinyOS [2], Contiki [3] и др. для ограничения энергопотребления поддерживают спящий режим. Некоторые ОС поддерживают менеджмент процессов для аналогичных целей. Операционные системы общего назначения, например, FreeRTOS [4-6] обеспечивают поддержку аппаратных средств энергосбережения (sleep mode), специфичных определенным микроконтроллерам.

Для эффективной поддержки режима энергосбережения в любых ОС и на произвольной аппаратной платформе без нарушения работы используемой периферии необходимо реализовывать аппаратно-независимый программный модуль (менеджер) контроля периферийных устройств, который принимает решения о безопасности перехода на пониженное энергопотребление для каждого периферийного устройства в отдельности. Подобный модуль должен взаимодействовать с драйверами периферийных устройств и поддерживать определенный набор запросов. Для инициализации программному модулю необходимо опрашивать драйверы и выяснять поддерживаемые режимы пониженного энергопотребления.

После опроса драйверов программный модуль должен иметь возможность уведомлять периферийные устройства до и после смены режима работы. Это необходимо для безопасного освобождения ресурсов перед отключением и повторной инициализации после смены режима работы. Для оценки энергопотребления в реальном режиме времени и мониторинга состояния системы предлагается использовать программный способ измерения. Для этого измеряются промежутки времени работы операционной системы в каждом режиме потребления.

Оценка энергопотребления (E) по потребляемому току (I), времени работы (t) и напряжению питания (U) осуществляется по формуле:

$$\frac{E}{V} = I_m t_m + I_l t_l + I_n t_n + \sum_i I_{p_i} t_{p_i},$$

где m – кол-во МК в режиме по умолчанию; l – в режиме пониженного энергопотребления; n – в режиме передачи/приема; p – периферийные устройства.

Управление ресурсами является одним из перспективных направлений энергосбережения во встраиваемых системах.

Отдельные результаты получены в рамках Госзадания № 0705-2020-0041 «Фундаментальные исследования методов цифровой трансформации компонентной базы микро- и наносистем».

Библиографический список

1. Design Methods of Teaching the Development of Internet of Things Components with Considering Predictive Maintenance on the Basis of Mechatronic Devices / A. I. Vlasov, A. V. Yudin, M. A. Salmina et al. // International Journal of Applied Engineering Research. – 2017. – V. 12, No. 20. – P. 9390 – 9396.
2. TinyOS: An operating system for sensor networks / P. Levis, S. Madden, J. Polastre et al. // Ambient intelligence. – 2005. – V. 35. – P. 115 – 148.
3. Contiki – a lightweight and flexible operating system for tiny networked sensors / A. Dunkels, B. Gronvall, T. Voigt // Proc. in 29th Annual IEEE International Conference on Local Computer Networks. Nov. – 2004. – P. 455 – 462.
4. Freertos.org. – URL : <https://www.freertos.org/low-power-tickless-rtos.html> (дата обращения: 13.04.2020).

5. Журавлева, Л. В. Применение лазерного дальномера VL53L0X для навигации и позиционирования мобильного робота / Л. В. Журавлева, О. В. Зобов, К. О. Клынкин // Технологии инженерных и информационных систем. – 2019. – № 3. – С. 8 – 17.

6. Гостохов, З. А. Методика разработки прикладного программного обеспечения в среде Robot Operating System / З. А. Гостохов, А. А. Ивашенцева // Технологии инженерных и информационных систем. – 2018. – № 2. – С. 14 – 35.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДВУХЗЕРКАЛЬНОЙ ОФСЕТНОЙ АНТЕННЫ КА И КУ ДИАПАЗОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ УСКОРЕННОГО СИНТЕЗА

Д. А. Караваяев, В. В. Помещиков, А. А. Тришаков, Л. С. Ожогина

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: mr.karavaev2016@yandex.ru, v.pomeschikov@yandex.ru lenya00@inbox.ru,
balabanova.lara2013@yandex.ru)*

В данной статье предлагается использование технологии ускоренного синтеза электродинамических структур, которая заключается в построении необходимой феноменологической модели в одном из специализированных программных комплексов электродинамического моделирования в достаточно короткие сроки. В результате синтеза и анализа данной модели мы получаем необходимую антенную структуру, которая удовлетворяет ключевым требованиям разработки. Эта технология применима к разработке всех типов антенн.

Примером такой разработки является синтез двухзеркальной офсетной антенны Ка диапазона системы Кассегрена в программном продукте Antenna Magus. Данное программное обеспечение может предложить разработчику базу данных различных антенн, где информация структурирована и стандартизована с целью удовлетворить потребность в быстрой оценке множества элементов антенного комплекса и упростить сравнение тех или иных структур. Также, в отличие от большинства литературных источников, Antenna Magus акцентирует внимание на уникальных свойствах каждой антенны, упрощая сравнение антенн друг с другом и их сопоставление с необходимыми требованиями.

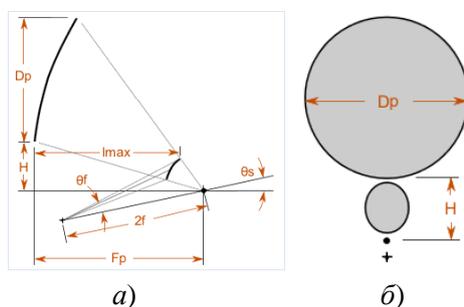


Рис. 1. Виды двухзеркальной офсетной антенны по системе Кассегрена в программной среде Antenna Magus:

a – сбоку; *б* – спереди; $D_p = 224,4$ мм – диаметр основного зеркала; $F_p = 175,1$ мм – фокальная длина основного зеркала; $H = 17,05$ мм – высота смещения вспомогательного зеркала; $\theta_f = 28,87^\circ$ – угол наклона излучателя; $l_{\max} = 140,1$ – максимальная длина до вспомогательного зеркала

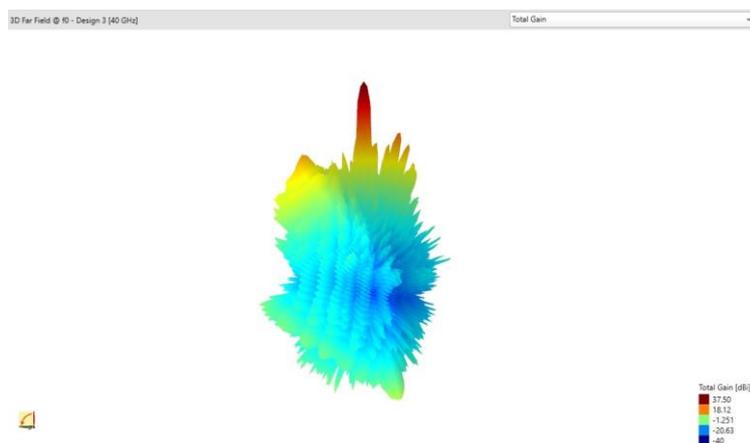


Рис. 2. 3D-диаграмма направленности двухзеркальной офсетной антенны Ка диапазона системы Кассегрена

Используя такой подход, можно оперативно синтезировать различные излучатели, в частности как было показано на примере двухзеркальной офсетной антенны, а также различные электродинамические структуры, том числе линии передачи, антенные решетки т.д.

Библиографический список

1. Синтез гибридной зеркальной антенны для систем наземной спутниковой связи / А. А. Летунов, О. А. Белоусов, Р. Ю. Колмыков и др. // Журнал Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 4(58). – С. 107 – 113.
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.
3. Антенны [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю. Т. Зырянов, П. А. Федюнин, О. А. Белоусов и др. – 4-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2020. – 412 с. – URL : <https://e.lanbook.com/book/133478> (дата обращения: 15.01.2021).

ВЛИЯНИЕ АРХИТЕКТУРЫ РЕЗИСТИВНОГО СЛОЯ МЕМРИСТОРА НА СТАБИЛЬНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ПАРАМЕТРОВ

И. С. Кенчадзе, А. В. Андриященко, А. Ю. Масляев, В. П. Жалнин

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

Мемристоры – это пассивные элементы, обладающие, так называемой, «резистивной» памятью. Конструктивно мемристор состоит из двух проводящих электродов, между которыми находится резистивный слой нанометрового диапазона.

Резистивная часть этой структуры состоит из двух слоев диоксида титана, один из которых является обедненным [1]. Особенность такой структуры заключалась в том, что окисная пленка неоднородна по своей архитектуре. Имеется область чистой двуокиси титана с низкой проводимостью, и область с кислородными вакансиями, обладающая высокой проводимостью. Причем толщина области с кислородными вакансиями изменяется в большую или

меньшую сторону в зависимости от величины и полярности приложенного напряжения [1]. Важнейшим свойством резистивного слоя является то, что мемристор сохраняет свое сопротивление в последнем измененном состоянии, после отключения питания.

Экспериментально установлено, что допирование резистивного слоя наночастицами некоторых металлов или оксидами металлов [2, 3] повышает выход годных приборов, а также положительно влияет на стабильность и долговечность параметров мемристоров.

Отдельные результаты исследований получены в рамках Гранта РФФИ № 19-07-00463.

Библиографический список

1. The missing memristor found / D. B. Strukov, G. S. Snider, D. R. Stewart, R. S. Williams // Nature. – 2008. – 453. – P. 80 – 83.
2. Nonvolatile resistive switching memory utilizing gold nanocrystals embedded in zirconium oxide / W. Guan et al. // Appl. Phys. Lett. – 2007. – V. 91, No. 6. – N.062111.
3. Vlasov, A. I. Methods for improvement of the consistency and durability of the inorganic memristor structures / A. I. Vlasov, V. P. Zhalnin, V. A. Shakhnov // International Journal of Nanotechnology. – 2019. – Т. 16, No. 1-3. – P. 187 – 195.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ УСТРОЙСТВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ BLUETOOTH LOW ENERGY

К. О. Клынкин, А. А. Глушко

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия
(e-mail: klynkin.kirill@yandex.ru)*

В современных встраиваемых системах все большую популярность набирают компактные устройства с батарейным или аккумуляторным питанием [1]. В таких устройствах большое значение имеет длительность работы без подзарядки. Таким образом, инженерам, проектирующим подобные приборы, необходимо тщательно продумывать архитектуру системы, чтобы добиться требуемых параметров времени автономной работы [2]. В частности, проблемой является организация постоянной коммуникации с устройством по средствам таких беспроводных высокочастотных протоколов связи, как, например, Bluetooth.

До недавнего времени отсутствовал такой стандарт этого протокола, который бы позволял снизить энергопотребление при использовании его в микропроцессорных системах. Однако в 2015 году появилась технология Bluetooth low energy (BLE), предназначенная как раз для аккумуляторных устройств [3]. Пропускная способность нового стандарта составляет 0.27 Mb/s, что заметно ниже, чем у классического Bluetooth – 0.7...2.1 Mb/s, но снижение скорости передачи привело к заметному росту энергоэффективности устройств, использующих новый стандарт. Во многих случаях устройства смогут работать более года на одной миниатюрной батарейке типа таблетка без подзарядки.

На данный момент существует много аппаратных реализаций микросхем типа SoC – System on Chip, поддерживающих этот стандарт: nRF51, nRF52, CC2541 и другие [4]. Однако просто грамотного выбора микросхемы недостаточно для того, чтобы добиться максимального времени автономной работы. Важно верно выстроить аппаратную и программную архитектуру устройства [5 – 8].

Необходимо свести к минимуму токи утечки разработанной схемы: качественно спроектировать систему электропитания, светодиодной индикации и остальных функциональных узлов устройства. Следует учитывать, что емкость батареек типа таблетка, например, CR2032, приблизительно равна 200 мАч. Таким образом, если использовать светодиод, рассчитанный на ток 1 мА, батарейка сядет всего через 200 часов. Следовательно, среднее потребление всего устройства должно составлять единицы микроампер. Важно отметить, что речь идет именно о среднем потреблении. Понятно, что при приеме или передаче данных потребление устройства может повышаться до единиц или десятков миллиампер, однако задача инженера сделать так, чтобы основную часть времени устройство находилось в спящем режиме. Так, например, у микросхемы NRF52832 пиковый ток потребления при приеме/передаче составляет 5.3 мА, а рабочий ток в режим энергосбережения – всего 1.9 мкА.

В микросхемах типа NRF51, NRF52 или CC2541 существует генерация аппаратных прерываний по приему данных через BLE. Таким образом, устройство может «просыпаться» только после того, как на него пришел очередной пакет данных. Затем после обработки этого пакета и пересылки ответа устройство снова может вернуться в режим пониженного энергопотребления.

Таким образом, видно, что при использовании нового стандарта BLE для передачи данных по беспроводной связи в совокупности с грамотным проектированием аппаратной и программной архитектуры устройства можно добиться создания энергоэффективных устройств на батарейном питании без ущерба их функционалу.

Отдельные результаты получены в рамках Госзадания № 0705-2020-0041 «Фундаментальные исследования методов цифровой трансформации компонентной базы микро- и наносистем».

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. – No. 8570062.
2. Modeling energy-efficient consumption at industrial enterprises / G. N. Todorov, E. E. Volkova, A. I. Vlasov, N. I. Nikitina // International Journal of Energy Economics and Policy. – 2019. – V. 9, No. 2. – P. 10 – 18.
3. Gomez, C. Overview and Evaluation of Bluetooth Low Energy: An Emerging Low-Power Wireless Technology / C. Gomez, J. Oller, J. Paradells // Sensors. – 2012.
4. SOTB (Silicon on Thin Buried Oxide): More than Moore technology for IoT and Automotive / Takumi Hasegawa, Yoshiki Yamamoto, Hideki Makiyama, Hiroki Shinkawata, Shiro Kamohara and Yasuo Yamaguchi // 2017 IEEE International Conference on IC Design and Technology (ICICDT). – 2017.
5. Демин, А. А. Сравнительный анализ методов позиционирования внутри здания / А. А. Демин, Д. П. Трошина, А. Маковой // Технологии инженерных и информационных систем. – 2020. – № 2. – С. 50 – 63.
6. Камакин, А. С. Разработка защищенного метода передачи данных между устройствами и анализ скорости передачи информации / А. С. Камакин, А. А. Павельев // Технологии инженерных и информационных систем. – 2019. – № 4. – С. 3 – 9.

7. Артемьев, Б. В. Система экологического мониторинга жилого помещения / Б. В. Артемьев, В. А. Малышев // Технологии инженерных и информационных систем. – 2020. – № 2. – С. 28 – 37.

8. Анализ платформ для проектирования беспроводных сенсорных сетей / К. А. Муравьев, И. О. Алябьев, Д. С. Синютина, А. И. Шушуев // Технологии инженерных и информационных систем. – 2020. – № 2. – С. 64 – 79.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ

А. А. Колодина, Р. С. Сивков, И. О. Шибирина, Л. С. Ожогина

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: Kolodinastya@mail.ru)

Существует огромное количество постановок задач оптимального управления с минимизируемыми функционалами, предусматривающими расходы энергии, расход топлива и их комбинации с другими составляющими [1 – 7].

Простейшую задачу энергосберегающего управления можно сформулировать следующим образом.

Задаются: модель динамики объекта, например, в виде системы линейных дифференциальных уравнений

$$\dot{z} = Az(t) + Bu(t), \quad t \in [t_0, t_k], \quad (1)$$

условия и ограничения на изменения вектора фазовых координат z и управление u

$$z(t = t_0) = z^0 = (z_1^0, z_2^0, \dots, z_n^0)^T, \quad z(t = t_k) = z^k = (z_1^k, z_2^k, \dots, z_n^k)^T, \quad (2)$$

$$\forall t \in [t_0, t_k]: \quad u(t) \in [u_H, u_B], \quad (3)$$

минимизируемый функционал

$$I = \int_{t_0}^{t_k} f_0(u(t)) dt. \quad (4)$$

Здесь A, B – матрицы параметров модели динамики; t_0, t_k – начало и конец временного интервала управления; z^0, z^k – начальное и конечное значения вектора z ; u_H, u_B – нижняя и верхняя границы изменения управления (в данной задаче скалярное); n – размерность вектора z .

Требуется для задаваемого массива исходных данных (реквизитов задачи)

$$R = (A, B, u_H, u_B, z^0, z^k, t_0, t_k) \quad (5)$$

определить такое оптимальное управление $u^*(t)$, которое при выполнении условий и ограничений (1) – (3) доставляет минимум функционалу (4).

Функция $f_0(u(t))$ определяет вид функционала и при минимизации затрат энергии записывается в виде

$$I_3 = \int_{t_0}^{t_k} u^2(t) dt. \quad (6)$$

Задача (1) – (4) представляет собой задачу оптимального управления с ограничением на управление, фиксированным временным интервалом и закрепленными концами траектории изменения вектора фазовых координат. К тепловым объектам обычно рассматривается усредненная температура нагреваемого (охлаждаемого) тела, в качестве первой компоненты вектора z применительно, в качестве второй – скорость изменения температуры и т.д. Для объектов управления с электронагревом, а также машин с электроприводом управление u , как правило представляет собой электрическое напряжение или силу тока, для других объектов это может быть расход сжигаемого топлива или теплоносителя.

Библиографический список

1. Муромцев, Д. Ю. Системы энергосберегающего управления : учебное пособие / Д. Ю. Муромцев, В. А. Погонин. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. – 92 с.
2. Approximation of distribution law of experimental test data to assess reliability of information-measuring and control systems / Yu. T. Zyryanov, I. G. Ryazanov, A. Yu. Naumova et al. // Journal of Physics: Conference Series. XIII International Scientific and Technical Conference «Applied Mechanics and Systems Dynamics». – 2020. – P. 1 – 8.
2. Application of Generalized Distribution Laws for the Reliability Assessment of Information and Measuring Systems of Energy Saving Control / Y. T. Zyryanov, N. G. Chernyshov, I. G. Ryazanov et al. // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1172 (2019) 012108. – 2019, March. – V. 1172, No. 1.
3. 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.
4. Построение сверхширокополосных излучателей с применением интегрированных печатных волноводов телевидения / А. С. Колмыкова, О. А. Белоусов, Р. Ю. Колмыков, А. И. Дякин // Журнал вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2017. – № 4(66). – С. 214 – 220.
5. Selivanova, Z. M. Modelling of intelligent information measuring system to control heretophysical properties of materials and products / Z. M. Selivanova, D. S. Kurenkov, T. A. Hoang // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – V. 1278. – P. 012040.
6. 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.

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ МИКРОКЛИМАТА В ТЕПЛОВЫХ КАМЕРАХ

Д. В. Корпусов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

В условиях увеличения сроков эксплуатации тепловых сетей и роста числа аварийных ситуаций особую актуальность приобретает разработка и освоение современных методов непрерывного контроля микроклимата в тепловых камерах.

Исследователем Казанского государственного энергетического университета О. В. Воркуновым предложена однопроводная цифровая информационно-измерительная система контроля микроклимата.

Разработанная информационно-измерительная система для контроля микроклимата отличается наличием модуля оценки тепловых потерь через стены сооружений и реализацией совместного использования компонентов сети MicroLAN и микроконтроллеров семейства Atmel.

Расчетно-экспериментальный метод позволяет производить оценку тепловых потерь, заключающуюся в непрерывном измерении температуры поверхностей с разных сторон стены и расчете теплового потока с учетом развития нестационарного процесса теплопроводности. Методика учитывает влияние геометрии, размера, расположения датчика температуры и сечения соединительных проводов на его метрологические характеристики при измерении температуры поверхности, через которую проходит тепловой поток.

Исследователем Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова С. Ю. Тырышкиным предложен метод контроля микроклимата на основе результатов совокупных измерений.

Разработанный метод описывает процесс измерения и контроля параметров климатической среды. Основная особенность разработанной модели определяется функциональной взаимосвязью контролируемых параметров и динамикой их измерения во времени. Для предложенного метода получены аналитические соотношения, позволяющие рассчитывать результирующие погрешности совокупных измерений по известным метрологическим характеристикам использованных в системе контроля первичных измерительных преобразователей.

Исследователем «Научно-Технического Предприятия ТКА» в Санкт-Петербурге Ю. А. Барбар предложен измерительный комплекс контроля параметров микроклимата.

Метод заключается в вычислении абсолютной влажности воздуха, температуры влажного термометра и психрометрической разности температур, оценке их точности. Методика характеризуется быстроедействием измерения температур, основанным на кратковременном контроле температуры на начальном участке переходной характеристики, что позволяет проводить вычисления плотности теплового излучения в ограниченном спектральном диапазоне и устанавливать связи между радиационной и истинной температурами.

Среди существующих методик и устройств для контроля микроклимата тепловых камер стоит отметить появление современного GSM-датчика влажности и температуры, предназначенного непосредственно для тепловых камер сетей теплоснабжения.

Датчик PROMODEM GSM 830.02 предназначен для контроля влажности и температуры в тепловой камере по GSM, а также для обнаружения аварийных событий. GSM-датчик контроля микроклимата позволяет производить контроль течей тепломагистрали, тем самым предупреждая прорыв тепломагистрали. Для контроля состояния люков существует возможность подключения датчиков вскрытия люков. Облачный сервер информационной системы PROMODEM располагает дистанционным опросом и доступом к отчетам показаний температуры, влажности и аварийных событий.

Библиографический список

1. Воркунов, О. В. Информационно-измерительная система оценки потерь тепловой энергии / О. В. Воркунов, Р. Г. Тахавутдинов // Изв. вузов. Проблемы энергетики. – 2004. – № 11–12. – С. 86 – 91.

2. Тырышкин, С. Ю. Построение систем климат -мониторинга и контроля на основе технологии MicroLAN / С. Ю. Тырышкин // Измерение, контроль, информатизация : материалы VI Междун. конф. – Барнаул, 2005. – С. 115 – 119.

3. Барбар, Ю. А. Измерение температуры портативными приборами с низковольтным питанием с точностью до 0,1 °С / Ю. А. Барбар, В. П. Катушкин // Вестник метрологической академии. – 2004. – № 24. – С. 12 – 15.

4. Измеркон. Производство и поставка контрольно-измерительных приборов. GSM-датчик влажности и температуры для тепловых камер – PROMODEM GSM 830.02 [Электронный ресурс]. – URL : <https://izmerkonn.ru/catalog/vlazhnost/datchiki-vlazhnosti/promodem-gsm-83002.html> (дата обращения: 28.09.2021).

ОСОБЕННОСТЬ ПОСТРОЕНИЯ ПРОГРАММНО-ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ РАДИОСИСТЕМ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКОВ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ

И. Н. Кочетов, В. В. Помещиков, А. О. Смирнов, Д. В. Заварзин

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: igor.kochetov.97@mail.ru, v.pomeschikov@yandex.ru, Lexa.smirnov.00@mail.ru,
zavarzin.denis1@mail.ru)*

На текущий момент проектирование программно-определяемых радиосистем является одной из значимых проблем в телекоммуникационной области – с переходом на данный формат большинство компаний заинтересовано в закупке подобного оборудования, поскольку оно значительно дешевле, проще в модернизации и обслуживании, затрачивает значительно меньше электроэнергии, чем используемое сейчас оборудование, построенное по классическому подходу.

При старом методе на каждый частотный диапазон необходимо выделять отдельные приемопередатчики. В настоящее время возможно применить решение, способное удовлетворить подобный спрос – использование Software-defined radio, или так называемой SDR-платформы, являющиеся наиболее энергоэффективными по сравнению с классическим методом.

SDR – это платформа, которая может содержать как радиоприемник, так и радиопередатчик, и дает возможность устанавливать или изменять радиочастотные параметры, такие как тип модуляции, выходная мощность или диапазон частот, с помощью программного обеспечения [1].

Современная SDR-платформа – это полностью переконфигурируемая система, в состав которой в общем случае входят антенна, блок цифровой обработки сигнала, аналого-цифровой и цифро-аналоговый блоки. Такое архитектурное решение позволяет обеспечить большую гибкость приемо-передающего устройства, адаптировать и настраивать его для решения конкретной задачи. В связи с этим SDR-платформа очень востребована телекоммуникационными компаниями. Ее применение способствует уменьшению расходов на модернизацию оборудования, упрощению внедрения новых стандартов и протоколов связи. При этом процесс настройки будет заключаться в изменении программного обеспечения, аппаратная часть устройства

не изменится. С этой точки зрения программно-определяемая радиосистема позволяет использовать одинаковую аппаратную конфигурацию для разнотипных устройств [2, 3].

Развитие цифровых технологий дало возможность перейти от создания аналоговых приемопередатчиков к проектированию цифровых программно-определяемых платформ. Это привело к упрощению построения приемопередающих устройств.

Простота аппаратной части программно-определяемой радиосистемы является, безусловно, преимуществом по сравнению с приемопередающими устройствами прошлых поколений. Количество радиочастотных схем, раньше являющихся необходимыми, сокращается, и, исходя из этого, стоимость элементной базы так же снижается. При программном моделировании сигналов нежелательные эффекты, возникающие при работе аналогичных аналоговых схем, отсутствуют, что, несомненно, делает выходные характеристики более приближенными к идеальным.

Таким образом, применение программно-определяемых радиосистем дает наиболее плавный переход к требуемому для телекоммуникационных компаний стандарту связи позволят совершить SDR технологии, приемопередатчики на основе которых не требуют кардинального вмешательства для работы с другими сетями и являющиеся максимально энергоэффективными по сравнению с классическим методом.

Библиографический список

1. Галкин, В. А. Основы программно-конфигурируемого радио / В. А. Галкин. – М. : Горячая линия–Телеком, 2013. – 372 с.
2. Синтез цилиндрической фазированной антенной решетки на основе логопериодических вибраторных антенн для систем широкополосного доступа стандарта IEEE802.11, IEEE802.16 / О. А. Белоусов, Р. Ю. Курносов, П. А. Горшков, А. Г. Рязанова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21. – № 2. – С. 266 – 272.
3. Антенная решетка на основе широкополосной планарно-щелевой антенны с экспоненциальным изменением ширины щели для систем беспроводного широкополосного доступа / О. А. Белоусов, Р. Ю. Курносов, П. А. Горшков, А. Г. Рязанова // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 2(56). – С. 184 – 194.

СИНТЕЗ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ ДЛЯ СИСТЕМ ПОГОДНОГО И КЛИМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

М. А. Кудряшов, О. А. Белоусов, В. И. Тетюхин, Р. О. Козадаев

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: maximkudryashov969@gmail.com)*

В настоящее время широкое использование метеорологических станций, предназначенных для мониторинга параметров атмосферы, требует применения эффективных и малогабаритных радиолокационных станций. Данные станции существуют в большом количестве,

но они, как правило, имеют большие габариты за счет антенной системы, и не обладают той скоростью приема метеорологической информации, которая требуется в сложных метеоусловиях.

Для того чтобы более оперативно проводить мониторинг радиозондов или иметь множество каналов для приема информации, в их основе используются антенные системы, на основе антенных решеток с механическим приводом. Это является их недостатком, так как скорость переключения и скорость формирования необходимой диаграммы направленности напрямую зависит от скорости движения механического привода [1 – 3]. Также при этом точность позиционирования становится недостаточно высокой. Поэтому для решения поставленной задачи необходимо использовать эффективные антенные системы, в частности, цифровые фазированные антенные решетки с электрическим сканированием луча.

Для выполнения поставленных задач необходимо определиться с излучателем [4].

Опираясь на предыдущие исследования, в ходе данной работы будем использовать квадрифилярный спиральный излучатель, так как он хорошо подходит для использования в антенной системе с заданными параметрами.

Далее переходим к моделированию ФАР методом построения феноменологической модели.

Под понятием феноменологической модели ФАР будем понимать модель, которая верно показывает основные явления, происходящие в моделируемой антенной системе, однако из-за того, что при моделировании учитываются не все параметры антенной системы, результат моделирования нельзя считать исключительно достоверным.

Данная антенная решетка состоит из трех колец, состоящих из восьми излучателей и имеет коэффициент усиления 16 дБи, что можно увидеть на рис. 1.

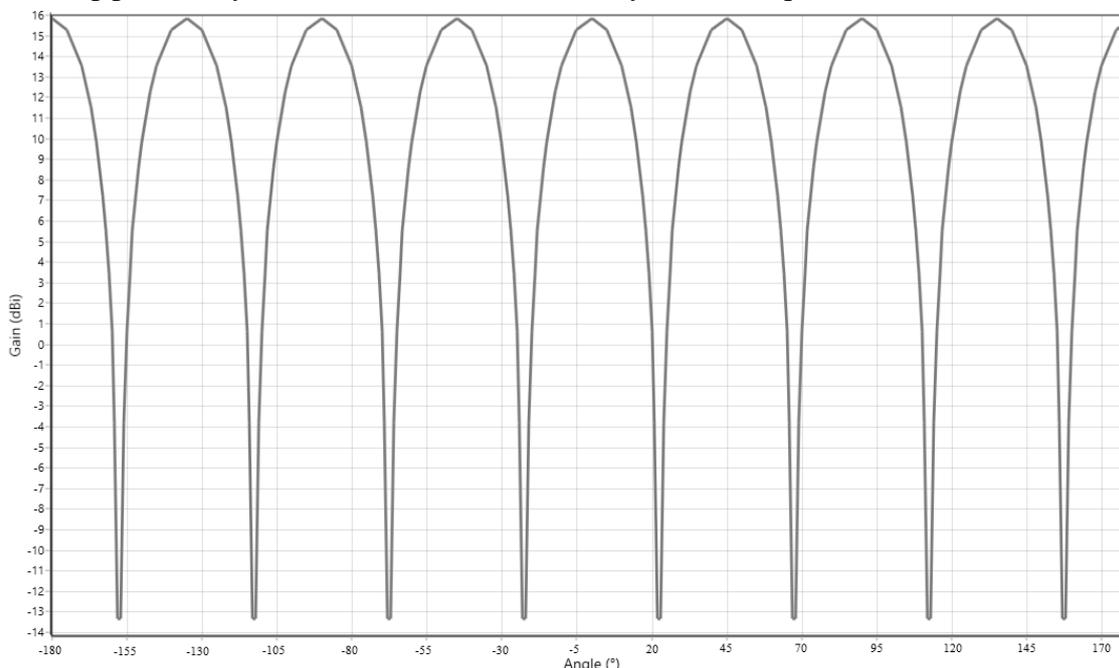


Рис. 1. ДН цилиндрической ФАР

В результате моделирования АР можно сделать вывод, что применение такой антенной решетки в комплексах метеорологических РЛС позволит улучшить существующие комплексы климатического контроля.

Библиографический список

1. Воскресенский, Д. И. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток / Д. И. Воскресенский. – М. : Радиотехника, 2012. – 744 с.
2. Синтез цилиндрической фазированной антенной решетки на основе логопериодических вибраторных антенн для систем широкополосного доступа стандарта IEEE802.11, IEEE802.16 / О. А. Белоусов, Р. Ю. Курносков, П. А. Горшков, А. Г. Рязанова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – № 21. – С. 266 – 272.
3. Построение сверхширокополосных излучателей с применением интегрированных печатных волноводов / А. С. Колмыкова, О. А. Белоусов, Р. Ю. Колмыков, А. И. Дякин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2017 – № 4(66). – С. 214 – 220.
4. Антенны [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю. Т. Зырянов, П. А. Федюнин, О. А. Белоусов и др. – 4-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2020. – 412 с. – URL : <https://e.lanbook.com/book/133478> (дата обращения: 31.05.2020).

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ МАТЕРИАЛОВ

А. В. Куприянов, З. М. Селиванова

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: artem.kupriyanov.2012@mail.ru, selivanova_zm@mail.ru)*

Применение цифровых технологий при разработке измерительных каналов в информационно-измерительных системах (ИИС) необходимо для повышения точности контроля теплопроводности твердых материалов и является актуальной задачей. Поэтому в измерительном канале проектируемой ИИС теплопроводности исследуемых материалов предлагается использование как цифрового датчика температуры, так и микроконтроллера [1, 2].

При цифровизации измерительного канала ИИС теплопроводности материалов с использованием цифрового датчика температуры предложено применение микроконтроллера STM32G070KBT6 для обработки и коррекции экспериментальных измерительных данных. Результаты экспериментальных исследований ИИС с цифровым измерительным каналом и данные относительной погрешности измерений представлены в табл. 1.

Преимущество данного микроконтроллера заключается в большом объеме памяти, наличии средств защиты, идентичности интерфейса с цифровым датчиком температуры STTS75M2F [2]. Перепрограммирование микроконтроллера позволяет реализовать разработанное алгоритмическое обеспечение ИИС в соответствии с поставленными задачами повышения точности контроля теплопроводности объектов исследования.

По экспериментальным данным исследования ИИС построены графики (рис. 1) зависимостей погрешности измерений от теплопроводности $\delta_\lambda = f(\lambda)$ и аппроксимирующей функции $\delta_\lambda^* = f(\lambda)$.

1. Данные экспериментальных исследований ИИС

Материал	λ_c , Вт/м·К	λ_n , Вт/м·К	δ_λ , %
Рипор	0,028	0,027	0,9
Изоруф	0,035	0,034	1,2
Газосиликат	0,12	0,122	1,7
ПММ	0,195	0,197	1,3
Цемент	2,1	2,253	7,3
Мрамор	2,8	3,052	9
Бетон	2,5	2,701	8

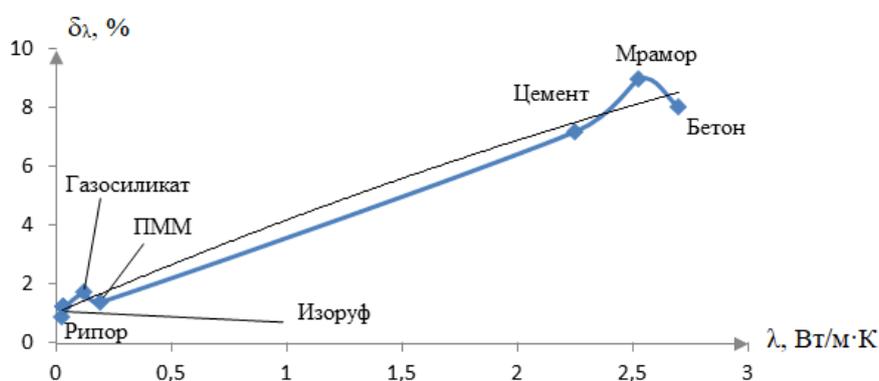


Рис. 1. Графики экспериментальной зависимости $\delta_\lambda = f(\lambda)$ и аппроксимирующей функции $\delta_\lambda^* = f(\lambda)$

Полученная аппроксимирующая зависимость $\delta_\lambda^* = f(\lambda)$ применяется в базе знаний ИИС для коррекции результатов измерений теплопроводности исследуемых материалов

$$\delta_\lambda^* = -0,2224\lambda^2 + 3,3777\lambda + 1,0279.$$

Цифровизация измерительного канала ИИС повышает его помехоустойчивость, оперативность и точность обработки информации при определении теплопроводности твердых материалов.

Библиографический список

1. Селиванова, З. М. Информационно-измерительная система теплофизических свойств твердых материалов с интеллектуальным датчиком реконфигурируемой структуры / З. М. Селиванова, В. С. Ерышова // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Приборостроение. – 2019. – № 5(128). – С. 4 – 19.
2. Куприянов, А. В. Применение цифровых технологий при проектировании измерительного канала интеллектуальной информационно-измерительной системы / А. В. Куприянов, К. В. Скоморохов // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : сборник трудов, Тамбов, 12–13 мая 2021 года. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2021. – С. 209-212.

ВИЗУАЛИЗИРОВАННАЯ ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА ХРАНЕНИЯ И АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ВЫДАЧИ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ НА БАЗЕ СЕРВЕРА С УДАЛЕННЫМ ДОСТУПОМ

К. С. Кутаев, Ф. С. Рыжов

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия
(e-mail: kirsm2010@gmail.com, feodor.sergeevich@yandex.ru)*

Введение. Электронная промышленность неотделимо связана с компонентной базой, на основе которой создается электронная аппаратура. Компонентная база постоянно развивается, при этом не отменяется актуальность уже существующих.

С проблемой бессистемного хранения электронных компонентов сталкивается подавляющее большинство инженеров-электронщиков. Наличие всех компонентов в удобном доступе является необходимостью для инженера-электронщика. Для таких целей используются системы хранения компонентов.

Проведенный анализ источников [1, 2], а также сравнение имеющихся систем хранения позволяет сделать вывод об основных проблемах систем хранения электронных компонентов на рабочих местах инженеров-электронщиков: отсутствие системности хранения комплектующих, повышенное время на поиск необходимого компонента в ячейках и отсутствие системы учета компонентов.

Возможным решением поставленных выше требований является разработка Визуализированной цифровой системы хранения и автоматизированной выдачи электронных компонентов на базе собственного сервера с удаленным доступом.

Визуализированная цифровая система хранения и автоматизированной выдачи электронных компонентов на базе собственного сервера с удаленным доступом. Устройство, выдающее компоненты и производящее их учет, включает устройство визуализации в виде светодиодной ленты, установленной на стеллаж с компонентами, печатную плату с микроконтроллером, который осуществляет управление светодиодной лентой, а также с установленным RFID-считывателем, позволяющим быстро заносить компоненты в базу данных. База данных располагается на собственном сервере, который по Wi-Fi отправляет данные плате с микроконтроллером [3]. Удаленный доступ с клиентской стороны осуществляется за счет веб-сайта с пользовательским интерфейсом. На нем доступна возможность редактирования количества компонентов, а также функция импорта компонентов из электронных таблиц Excel. В фоновом режиме ведется логирование действий пользователей.

RFID-считыватель установлен в связи с современными тенденциями развития RFID систем на складах и в магазинах, позволяющих контролировать перемещение товара и автоматизировать его учет [4].

После осуществления выбора компонента на сайте, сервер передает микроконтроллеру данные о ячейке с нужным компонентом. Микроконтроллер обрабатывает полученные данные, и осуществляет визуальную индикацию ячейки стеллажа, в которой находится искомый компонент.

Данное решение может быть эффективным не только на стеллажах с электронными компонентами, но и в любых складских системах, в которых происходит постоянное взаимодействие с товаром и частое изменение его количества [1].

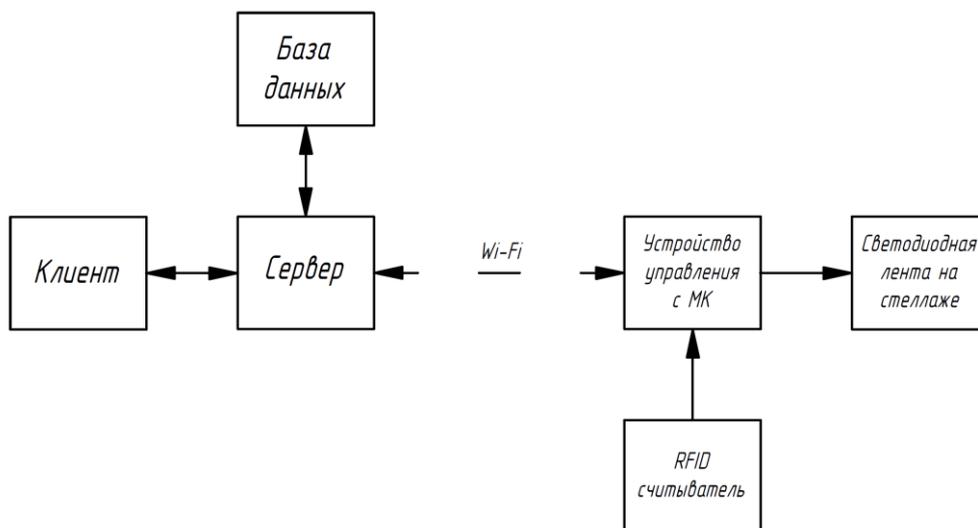


Рис. 1. Структурная схема системы

Библиографический список

1. Власов, А. И. Принципы построения и развертывания информационной системы предприятия электронной отрасли / А. И. Власов, А. Е. Михненко // Производство электроники. – 2006. – № 4. – С. 5 – 12.
2. Власов, А. И. Информационно-управляющие системы для производителей электроники / А. И. Власов, А. Е. Михненко // Производство электроники. – 2006. – № 3. – С. 15 – 21.
3. Развертывание беспроводной сети Wi-Fi в масштабах предприятия / К. А. Муравьев, Д. Э. Линтварев, Г. Т. Катукия, В. Д. Кирилин // Технологии инженерных и информационных систем. – 2020. – № 4. – С. 31 – 42.
4. Левин, И. В. Решения для проектирования, моделирования и оптимизации производств электронной аппаратуры / И. В. Левин, А. Е. Курносенко, Н. А. Машина // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2018. – № 1(169). – С. 26 – 32.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПЛОЩАДЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

К. С. Леценко, Л. В. Журавлева, Д. М. Зырянов, О. В. Зобов

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия
(e-mail: kirillbmst@yandex.ru, fogel09@mail.ru, zyryanovdm@mail.ru, zobov.o.v@gmail.ru)*

Эффективное использование производственных площадей является одним из элементов «бережливого производства» [1]. Размещение оборудования на производственных площадях ведется с учетом требований по совместимости технологических операций, которые выполняются на производственных участках.

Для оценки эффективности использования производственных площадей разработан перечень «полезных» и «вспомогательных» площадей. К «полезным» площадям относятся площади под основным и вспомогательным оборудованием, под подводимыми коммуникациями, а также площади для рабочих мест обслуживающего персонала.

К «вспомогательным» площадям относятся проходы между рядами оборудования; между оборудованием и стенами; между колоннами; площади для прохода, проезда; для эвакуации персонала в аварийных ситуациях. «Полезные» и «вспомогательные» площади составляют используемые площади, т.е. занятые под производство изделий. Коэффициент использования производственных площадей определяется отношением «полезной» и «вспомогательной» площадей к общей площади производственного участка.

Исходные данные для оценки эффективности полезного использования производственных площадей в производстве изделий электронной техники представлены в табл. 1.

1. Виды производственных площадей

№	Характеристики производственных площадей	
	Общие характеристики	Обозначение площадей
	Геометрическая форма помещения	
	Общая площадь помещения	
1	Наличие дополнительных объектов (балки, перегородки, выступы, а также другие объекты, занимающие общую площадь помещения)	
	Полезные площади	
2	Суммарные площади под оборудование	
3	Суммарные площади под коммуникации	
4	Суммарные площади для обслуживающего персонала	
	Вспомогательная площадь	
5	Суммарные площади для прохода, проезда, для эвакуации персонала в аварийных ситуациях	
6	Суммарные площади для проходов между рядами оборудования; между оборудованием и стенами; между колоннами	

Планировка участка сборки микросхем, на которой цветом выделены «полезные» и «вспомогательные» производственные площади, представлена на рис. 1.

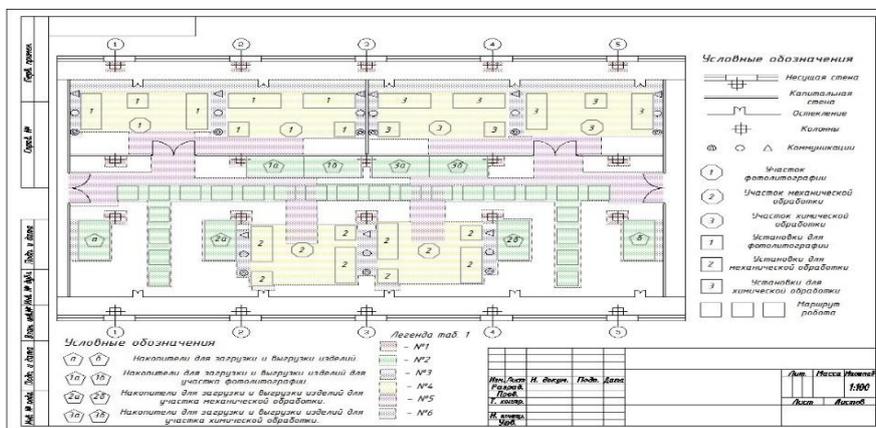


Рис. 1. Планировка участка сборки микросхем с выделенными «полезной» и «вспомогательной» площадями

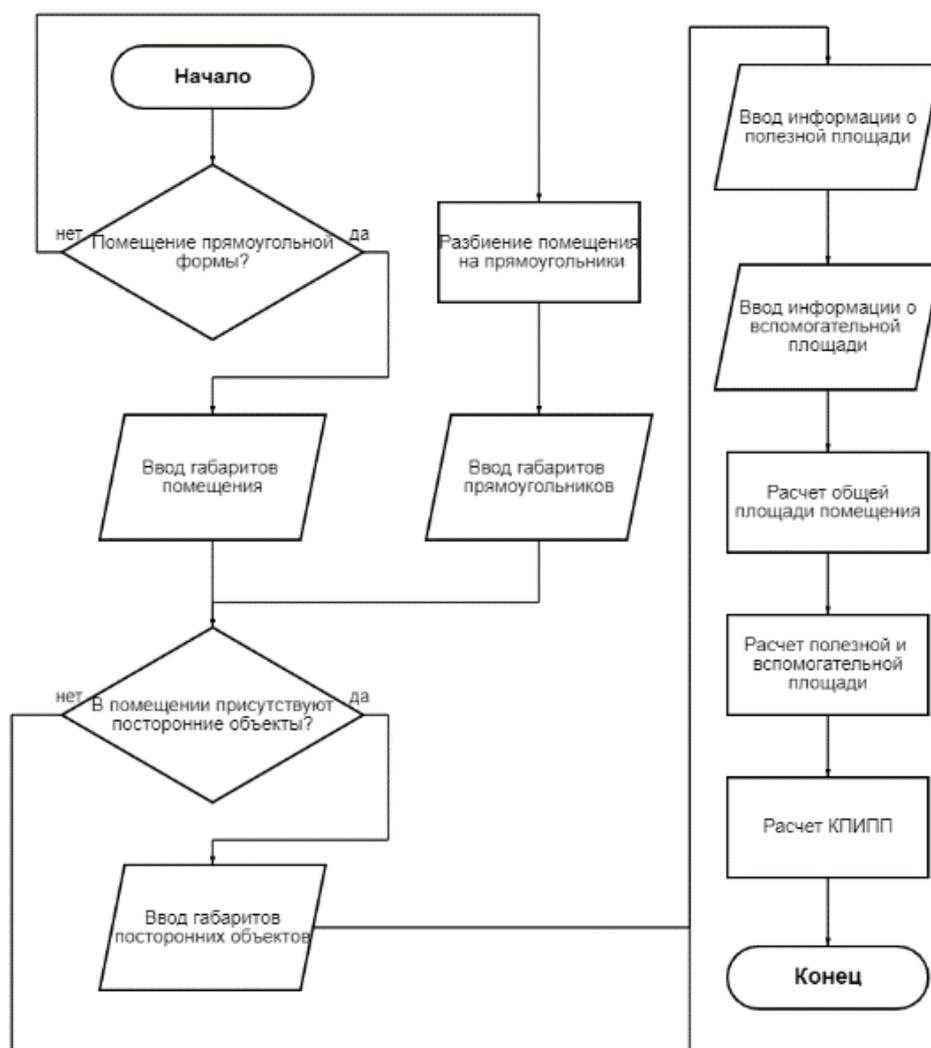


Рис. 2. Алгоритм работы программы

Для расчета КПИПП разработан калькулятор на языке программирования Julia [2], который позволяет оперативно рассчитывать несколько вариантов компоновки оборудования и выбирать вариант с наибольшим значением. Структура программы построена на вычитании из общей площади производственного помещения площади отдельных элементов. Чем меньше свободной площади остается после размещения всех элементов, тем выше показатель КПИПП. Алгоритм работы программы представлен на рис. 2.

С помощью программы обрабатываются введенные данные производственного участка, рассчитывается коэффициент полезного использования производственных площадей (КПИПП) и площади, на которой не осуществляется производственная деятельность.

Библиографический список

1. Журавлева, Л. В. Анализ тенденций «бережливого производства» в условиях цифровой трансформации промышленности / Л. В. Журавлева, А. В. Толкачев, А. А. Мухтарова // Технологии инженерных и информационных систем. – 2020. – № 1.
2. Зырянов, Д. М. Язык научных вычислений Julia / Д. М. Зырянов, А. А. Емельянов, К. С. Лещенко // Оригинальные исследования. – 2010. – № 9. – С. 50 – 56.

ТЕРМОИМПУЛЬСНАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ

И. В. Малков, А. В. Лосев, И. В. Бычков

*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского
«Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина
(e-mail: i.v.malkov@mail.ru)*

Для эффективной очистки деталей от макро- и микроликвидов в условиях отечественного машиностроения в проблемной лаборатории импульсных источников энергии Харьковского авиационного института разработан термоимпульсный метод, в котором доминируют теплофизические процессы. Суть этого метода заключается в том, что ликвиды удаляются за счет мгновенного нагрева и оплавления в специальной камере, заполненной детонирующей газовой смесью. При такой обработке необходимо обеспечить плавление удаляемых элементов и исключить необратимые изменения геометрии деталей и структуры материалов. Очистку поверхностей и кромок деталей от заусенцев, частиц, быстро изнашиваемых частей микронеровностей желательнее одновременно выполнять с отделкой кромок. Следует отметить, поскольку кромки являются единым целым с деталью, то присутствуют некоторые особенности при выборе режимов обработки. Как показал промышленный опыт, оптимизация режимов обработки экспериментально представляет собой сложную технически задачу, так как это сопряжено с огромными временными и материальными затратами. Для проверки всех возможных комбинаций параметров необходимо выполнить 2^k экспериментов, где k – количество факторов (более 25). Причем факторы, характеризующие обрабатываемые детали и оборудование, имеют разную физическую природу.

Использование физико-математических моделей позволило установить закономерности изменения температурных полей элементов детали при варьировании взаимно влияющими факторами. Параметры, рассчитанные для детали, являются исходными для настройки оборудования. Исследование температурного поля заусенца до оплавления – первая фаза процесса и необходимо учитывать следующий этап – изменение агрегатного состояния материала (плавление). Следует отметить, что для процесса зачистки заусенцев достаточно найти приближенные значения величины затрат энергии на плавление заусенцев, но которые гарантировали бы зачистку и сохранение тонкостенных элементов. В этом случае достаточно оценить долю тепла, расходуемого на изменение агрегатного состояния материала. Одним из перспективных направлений в области отделочно-очистных технологий является использование тепловых эффектов при обработке деталей из термопластов. Из анализа статистических данных по потреблению термопластов следует, что наибольшая доля рынка перепадает на термопласты общетехнического назначения, а именно полиэтилен высокого и низкого давления, полипропилен, поливинилхлорид и полиэстер, температура плавления которых находится в интервале $\sim 120...170$ °С, а коэффициент теплопроводности меньше, чем у металлов и сплавов на два – три порядка. На рисунках 1 и 2 показан импульсный нагрев элементов детали из полиэтилена разной толщины во времени источником тепла одинаковой мощности.

Решение задачи оптимизации режимов сводится к определению условий нагрева и охлаждения поверхностей детали и времени оплавления облоя. На рисунке 3 показаны типовые детали из полиэтилена до и после обработки на оптимальном режиме (рис. 3, а), перегретыми поверхностями (рис. 3, б) при отклонении от оптимального режима. Для численных

экспериментов используется специальная программа, которая позволяет моделировать температурные поля в ликвидах и в массиве деталей при изменении мощности источника тепла и времени воздействия на объекты. Из экспериментов следует необходимость анализа температурных полей массива детали и облоя при нагреве источником тепла с разной характеристикой с последующим выбором условий обработки.

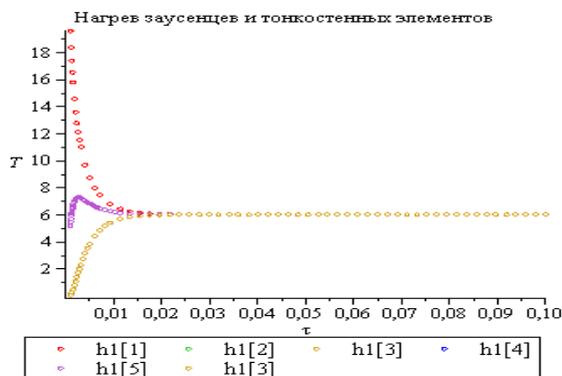


Рис. 1. $h = 1$ мм

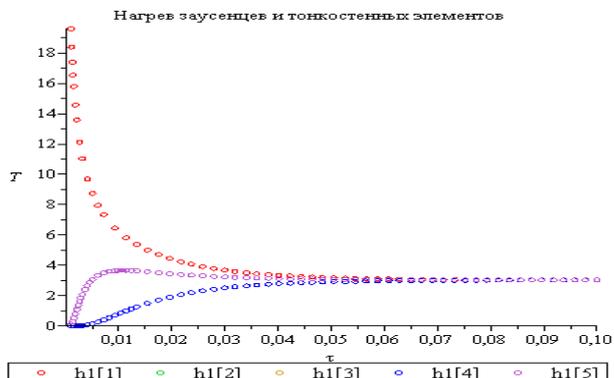


Рис. 2. $h = 2$ мм

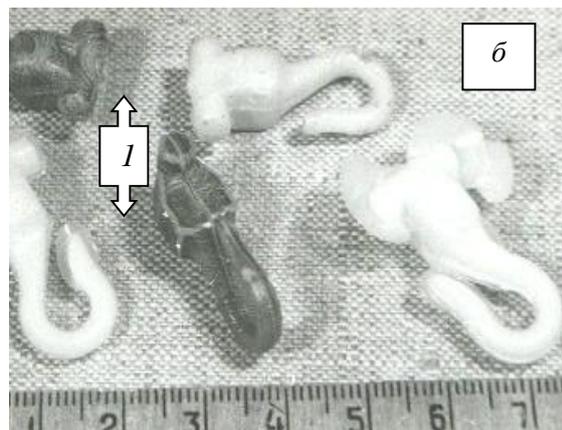
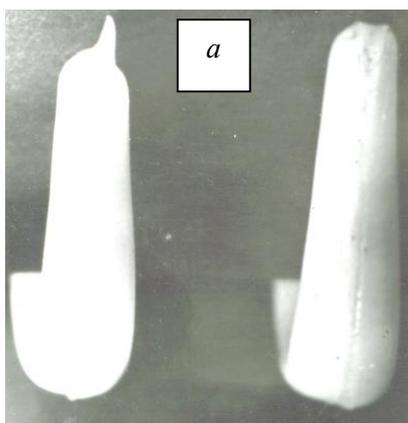


Рис. 3. Детали из полиэтилена:

а – фрагмент детали до и после зачистки; *б* – (*l*) детали с перегретой поверхностью при избыточной мощности источника тепла

МЕТОДИКА СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКСПЕРТНЫХ ДАННЫХ

И. С. Назмутдинов, А. Н. Артюшенко

*Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия
имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия*

Одним из основных подходов к решению задач сравнения технических систем, характеризующихся неоднородностью свойств и различием единиц их измерения (какими, в частности, являются средства автоматизации), является использование иерархических методов принятия решений [1, 2].

В традиционном методе анализа предусмотрен способ оценки несогласованности массива экспертных данных. Для этого вводится показатель «отношение согласованности»,

характеризующий степень согласованности экспертных данных, представленных матрицей отношений предпочтения. Данный показатель недостаточно эффективен, так как эксперту придется пересматривать свои суждения, причем пересмотр приходится проводить на множестве всех значений матрицы, что при больших размерах матрицы и сложной иерархии показателей является трудновыполнимой задачей. Кроме того, не всегда возможно повторно опросить экспертов (или такой опрос не всегда приводит к улучшению показателя согласованности).

Помимо вышесказанного традиционный метод анализа иерархий не позволяет определить причины несогласованности экспертных данных, которая может возникать в следующих случаях:

- при недостаточной степени уверенности эксперта в правильности сравнительных оценок альтернатив по каждому из критериев в отдельности;
- при недостаточной степени уверенности эксперта в правильности сравнительных оценок самих показателей;
- при переходе от лингвистической шкалы сравнения к цифровой шкале.

Указанные недостатки могут быть скомпенсированы за счет использования предложенных в [3] способов оценки несогласованности экспертных данных в строках обратно симметричной матрицы попарных сравнений и согласования экспертных данных для иерархических методов принятия решений.

Предложенная процедура оценки использует адаптивную коррекцию экспертных данных, целью которой является повышение согласованности исходной информации, и, как следствие, – повышение качества принимаемых решений по оценке объектов, характеризующихся неоднородностью свойств и различием единиц их измерения.

В отличие от традиционного метода анализа иерархии, в данной процедуре помимо интегральной оценки согласованности (отношения согласованности OS) вводится дифференцированная оценка согласованности по каждому сравниваемому объекту $NOR_i, i = 1 \dots n$, определяемая отношением несогласованности экспертных данных, расположенных в строках (столбцах) обратно симметричной матрицы.

Скорректированные значения записываются в матрицу. Далее оценивается ее согласованность OS в соответствии со стандартной процедурой. Процесс повторяется до достижения заданного уровня OS . В результате будет сформирован вектор приоритетов, по которому можно сравнить объекты и судить о выборе наилучшей альтернативы.

Предложенная иерархическая процедура принятия решений с адаптивным согласованием экспертных данных может использовать как экспертные данные о сравниваемых объектах, представленные в лингвистической форме, так и реальные числовые характеристики, коррекция которых не требуется.

Библиографический список

1. Липаев, В. В. Системное проектирование сложных программных средств для информационных систем / В. В. Липаев. – М. : Синтег, 1999.
2. Мартин, Дж. Планирование развития автоматизированных систем / Дж. Мартин. – М. : Финансы и статистика, 1984.
3. Сутармин, А. Г. Научно-методический аппарат создания интегрированных АСУ общевоисковыми объединениями ВС РФ.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ НЕИСПРАВНОЙ ТЕХНИКИ СВЯЗИ И РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

И. С. Назмутдинов, С. И. Буробин

Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия

Одним из приемлемых решений по восстановлению неисправной техники связи и радиотехнического обеспечения (РТО) полетов авиации может стать применение в структуре системы технического обслуживания и текущего ремонта (ТО и ТР) системы поддержки принятия решений (СППР) обслуживающим персоналом. Система поддержки принятия решений – это человеко-машинная система, которая позволяет использовать данные, знания, субъективные и объективные модели для анализа и решения слабоструктурированных задач, содержащих количественные и качественные аспекты, с тенденцией доминирования последних. Развитие экспертных систем и систем поддержки принятия решений основывается на последних достижениях по созданию систем с элементами искусственного интеллекта.

Целесообразность применения СППР в структуре системы ТО и ТР обуславливается рядом факторов:

1. Необходимость восстановления неисправной техники связи и РТО полетов в наикратчайшие сроки. Опыт показывает, что временные затраты на локализацию места отказа в 2 – 5 раз превышают затраты на замену отказавшего блока. Повышение качества и сокращение времени принятия решения требует применения эффективных программных средств, обеспечивающих (поддерживающих) деятельность обслуживающего персонала. Применение технологии СППР по данным различных источников [1] дает возможность существенно ускорить процесс восстановления работоспособности средств РТО полетов.

2. При организации технического обслуживания от принятия решения проведение соответствующих работ существенно зависит с одной стороны – от экономических затрат на их проведение, а с другой стороны – степени готовности техники к боевому применению. Принятие решения о проведении технического обслуживания того или иного вида в определенные сроки является достаточно сложной и ответственной задачей и требует от лица, принимающего решение, всестороннего изучения информации о техническом состоянии средства РТО, о сложившейся боевой обстановке, об условиях эксплуатации техники, наличии ЗИП и т.д.

3. Отсутствие или низкая эффективность автоматизированной системы контроля (АСК). Данный фактор приводит к снижению достоверности контроля. В результате, многие отказы, выявленные АСК, не подтверждаются. Это приводит к недоверию обслуживающего персонала к АСК, что усугубляется отсутствием в последних подсистемы объяснения, наличие которой характерно для системы поддержки принятия решений. Технология СППР, в значительной мере позволяет учесть имеющуюся априорную неопределенность за счет выбора соответствующего метода поиска решения и другие факторы.

Таким образом, применение технологии СППР в системе ТО и ТР позволит существенно повысить ее эффективность за счет резкого сокращения временных затрат на локализацию неисправностей и повышения достоверности диагностирования, а также за счет использования СППР для обучения и контроля знаний обслуживающего персонала.

Библиографический список

1. Заключительный отчет о НИР. Исследование вопросов эффективности системы РТО полетов авиации. Шифр «РТО-2010». – Воронеж : ВАИУ, 2010.

МЕТОДЫ МИНИМИЗАЦИИ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЗА СЧЕТ АНАЛИЗА ПОТРЕБНОСТЕЙ

Р. В. Нурумов, М. Д. Сергеева

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

Повсеместное внедрение технологий в быт сильно увеличило потребление электроэнергии. Любая возможность минимально снизить потребление электроэнергии для одного устройства позволяет значительно экономить в расчете на дома, города, страны [1 – 5]. К примеру: человеку не всегда необходим свет той яркости, что он использует и за счет этого он тратит больше энергии чем необходимо.

Решение данной проблемы может быть достигнуто за счет использования датчиков света в совокупности с метеорологическими данными и статистическим анализом для улиц, и использование технологий умного дома для экономии электроэнергии внутри квартиры.

Для улиц можно благодаря датчикам света регистрировать текущий уровень освещенности и сравнивая его с средним результатом по району и метеорологическими данными, подбирать меньший уровень яркости для светодиодных ламп [3]. Энергоэффективность при использовании датчиков света и вычислительных мощностей для обработки метеорологических и статистических данных выше, чем при использовании фиксированной яркости светодиодных ламп. Проблемы могут возникнуть при реализации передачи данных со всех датчиков на сервер, ведь для этого потребуется разворачивать сеть на весь город. Решением может быть интернет вещей с передачей информации от одного устройства другому, тем самым создавая цепочку, которая будет заканчиваться на управляющей системе, которая будет иметь доступ к серверам [4].

В квартирах свет можно экономить благодаря отслеживанию нахождения человека посредством датчиков движения, или проверки подключения смартфона к WiFi, за счет этого можно сделать вывод о том, нужен ли свет в квартире в данный момент или нет. Эту идею можно реализовать уже сейчас благодаря распространению систем умного дома [2]. С помощью этой концепции можно не только минимизировать потери электроэнергии, но и потери времени, интернет – трафика, отопления и т.д.

Концепция минимизации простоя перспективна и универсальна, ее реализация возможна не только в бытовой сфере, но и в любой профессиональной [1]. Ее внедрение в небольшие сферы не требует больших затрат, а в долгосрочной перспективе приносит прибыль за счет минимизации простоя. Так же используя системы наподобие умного дома можно минимизировать человеческий фактор что, в свою очередь, положительно скажется на энергоэффективности и минимизирует непредвиденные ситуации.

Библиографический список

1. Modeling energy-efficient consumption at industrial enterprises / G. N. Todorov, E. E. Volkova, A. I. Vlasov, N. I. Nikitina // International Journal of Energy Economics and Policy. – 2019. – V. 9, No. 2. – P. 10 – 18.
2. Sustainable energy systems in the digital economy: concept of smart machines / V. A. Shakhnov, S. S. Filin, A. I. Krivoshein, A. I. Vlasov // Entrepreneurship and Sustainability Issues. – 2019. – T. 6, No. 4. P. – 1975 – 1986.

3. Industry 4.0 Visual Tools for Digital Twin System Design / V. A. Shakhnov, A. E. Kurnosenko, A. A. Demin, A. I. Vlasov // *Advances in Intelligent Systems and Computing* this link is disabled. – 2020. – 1295. – P. 864 – 875.

4. Исследование качества передаваемого сигнала по различным линиям связи с использованием лабораторного стенда комплекта «Телекоммуникационные линии связи» / М. Э. Апаков, В. Айгужин, К. А. Муравьев и др. // *Технологии инженерных и информационных систем*. – 2020. – № 4. – С. 43 – 55.

5. Хироси Аmano. «Мастер светодиодов» // *Наука из первых рук*. – 2019. – № 3(83). – С. 6 – 9.

МУЛЬТИПЛЕКСОР DSLAM HUAWEI MA5600, КАК ОБЪЕКТ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

М. С. А. А. Обианг, Э. Ш. Фразау, Ю. Т. Зырянов

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: sindulfoa2@gmail.com, edsonfrazaoedy@gmail.com, zut-tmb@mail.ru)*

Практика эксплуатации больших технических объектов показывает, что надежность и живучесть этих объектов прогрессивно возрастают, но остаются ограниченными. Высокая стоимость современной техники и в ряде случаев уникальность отдельных комплексов являются препятствием к тому, чтобы прекращать их эксплуатацию после первого отказа или аварийного разрушения. Во всех отраслях созданы и функционируют системы ремонта техники, что позволяет продлить время эксплуатации сложных средств до момента морального устаревания либо до исчерпания технического ресурса.

Длительное исследование проблем диагностики самых различных объектов позволили установить, что существует возможность количественного описания процедур решения задач диагностирования, и найти ряд закономерностей поиска. Затем были разработаны методы и алгоритмы построения программ диагностирования. Как известно, наиболее важным показателем надежности является отсутствие отказов во время функционирования (работы) технической системы. Отказ авиационного двигателя в полетных условиях, судовых механизмов во время плавания корабля, энергетических установок в работе под нагрузкой может привести к тяжелым последствиям.

Техническая диагностика, благодаря раннему обнаружению дефектов и неисправностей, позволяет устранить подобные отказы в процессе технического обслуживания, что повышает надежность и эффективность эксплуатации, а также дает возможность эксплуатации технических систем ответственного назначения по состоянию.

В качестве объекта технического диагностирования будет рассмотрен мультиплексор *DSLAM HUAWEI MA5600* (рис. 1).

IP-коммутаторы *DSL* серии *MA5600*, разработанные компанией *Huawei Technologies*, представляют собой оборудование мультисервисного доступа *IP* 2-го и 3-го уровня. Они используются в качестве стандартных мультиплексоров *IP DSLAM* для соединений между уровнем конвергенции сети *IP* и абонентами, обеспечивая доступ с поддержкой технологий *Ethernet*, *VDSL*, *VDSL2*, *ADSL Annex A*, *Annex B*, *ADSL2+*, *G.SHDSL*.

Устройство представляет собой шасси, в которое устанавливаются абонентские платы, являющиеся многопортовыми терминалами доступа, а также системные (управляющие) платы, осуществляющие маршрутизацию пакетов, и управление периферией. Каждая плата рассматривается как отдельный узел устройства, с различными типами неисправностей и ошибок, которые можно исправить путем замены неисправной платы, либо путем диагностики неисправной платы с ее последующим ремонтом [1].

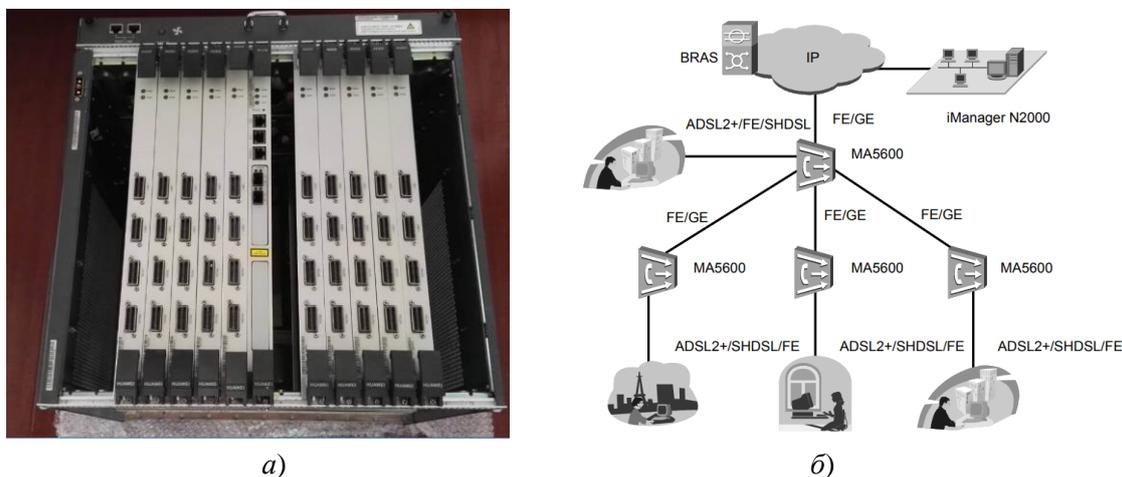


Рис. 1. DSLAM HUAWEI MA5600:

а – внешний вид устройства; *б* – структура организации сети на основе MA5600

Таким образом, можно сделать вывод, что данное устройство может рассматриваться как объект технического диагностирования, так как имеет в своем составе большое количество блоков и модулей, которые состоят из различных элементов, и имеют различные характеристики и параметры, работоспособность которых можно установить по результатам технической диагностики каждого в отдельности, или в составе блока.

Библиографический список

1. Колобов, А. Б. Приборы диагностики и контроля технического состояния / А. Б. Колобов, Ф. Б. Огурцов, А. Л. Ветошкин // Состояние и перспективы развития электротехнологий (IX Бенардосовские чтения) : тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф., Иваново, 08 – 10 июня 1999 года. – Иваново : Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина, 1999. – С. 292.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СВОЕВРЕМЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ КОНТРОЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОЦЕССОВ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА НА ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Б. Т. Ряхов, Р. А. Хворов, В. А. Безрядин

Актуальность оценки влияния своевременности выполнения мероприятий контроля обеспечения безопасности процессов информационного обмена в информационных системах различного назначения на их эффективность обусловлена с одной стороны, ограниченностью

сил и средств для их проведения, а с другой стороны выполнение этих мероприятий требует значительных затрат, что в условиях финансовых ограничений является не всегда вполне реализуемым. Поэтому с целью рациональности выполнения мероприятий контроля обеспечения безопасности необходимо определить их приоритетность.

Алгоритм оценки приоритетности направлений контроля обеспечения безопасности должен включать:

- обоснование критериев, по которым будет осуществляться оценка приоритетности направлений повышения своевременности выполнения мероприятий контроля обеспечения безопасности;
- разработку порядка проведения оценки приоритетности этих направлений, с учетом введенных ограничений;
- расчет оценки приоритетности мероприятий, а при необходимости и уточнение этих направлений.

При обосновании приоритетности направлений повышения эффективности мероприятий контроля обеспечения безопасности необходимо учитывать степень проработанности к настоящему времени данного вопроса.

Обоснование критериев, по которым будет осуществляться оценка приоритетности направлений, проводились с учетом следующего:

- конкретный набор критериев определяется не только объектом и предметом исследования, а также целью всего анализа.
- данный набор критериев должен учитывать фактор случайности в ходе исследуемого процесса.

С учетом того, что своевременность (C_k) выполнения мероприятий контроля обеспечения безопасности является определяющим показателем, целесообразно в качестве целевого показателя эффективности выполнения мероприятий контроля обеспечения безопасности использовать показатель $W_{ущ}^{(пр)}$ предотвращенного ущерба за счет своевременного принятия контрмер от утечки информации, представляющей интерес для нарушителя.

При этом для данного показателя целесообразно определить максимизацию значения предотвращенного ущерба $\max\{W_{ущ}^{(пр)}\}$ за счет утечки по всем каналам информационного обмена. Сущность данного показателя определяет целевую функцию выполнения мероприятий контроля обеспечения безопасности, а $W_{ущ}^{(пр)}$ – целевой показатель, зависящий от своевременности выполнения мероприятий контроля обеспечения безопасности информационного обмена.

Приведенный показатель будет использован для оценки приоритетности направлений повышения эффективности мероприятий контроля обеспечения безопасности и имеет следующий вид:

$$W_{ущ}^{(пр)} = \sum_{i=1}^N W_{ущ_i}^{(пр)} \{C_k\}, \text{ при } P_k \geq P_{k \text{ доп}}, D_k \geq D_{k \text{ доп}}, \quad (1)$$

где $i = 1, 2, \dots, N$ – количество информационных направлений, P_k и D_k – полнота и достоверность выполнения мероприятий контроля и их допустимые значения, соответственно.

Данное расчетное соотношение предполагает, что для обобщенного критерия эффективности значение суммы предотвращенного ущерба за счет своевременного принятия мер по снижению возможности вскрытия информации, представляющей интерес для нарушителя

с учетом ограничений по полноте (P_k) и достоверности (D_k), должно быть максимизировано при соответствующих ограничениях на затраты:

$$\max\{W_{\text{ущ}}^{(\text{пр})}\}, \text{ при } S_k \leq S_{k \text{ доп}}. \quad (2)$$

Таким образом, решаемая задача может быть сформулирована следующим образом: выбрать такое направление повышения эффективности мероприятий контроля обеспечения безопасности информационного обмена, при котором сумма предотвращенного ущерба за счет своевременного принятия мер по снижению возможности вскрытия информации, с учетом ограничений, будет максимальной, а расход затрачиваемых средств на его реализацию не превысит заданного уровня.

В этом случае постановка задачи имеет ясный смысл и позволяет найти оптимальное решение из числа допустимых по условиям-ограничениям на значение затрат на реализацию направлений, при которых $W_{\text{ущ}}^{(\text{пр})}$ принимает максимальное значение.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА МОДЕРНИЗАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ АНТЕННЫ СОТОВЫХ СВЯЗЕЙ

К. С. Сайфуллозода

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: sqiyom@bk.ru)

Коммуникационные системы предоставляют потребителям различные услуги, передавая все увеличивающийся объем данных со скоростью передачи, требования и критерии к которой постоянно растут. Естественно, что через некоторое время приходится заменять соответствующее оборудование на новое. С базовыми станциями (БС), которые операторы устанавливают на вышках сотовой связи повсеместно, такие работы проводятся регулярно. Ввиду массового использования на них антенного оборудования сотовой связи от него, в первую очередь, требуют сравнительно невысокой стоимости и простоты конструкции при безусловном соблюдении всех тактико-технических требований.



Рис. Базовая станция

На рисунке показана БС, на примере которой рассмотрены особенности процесса модернизации сотового антенного оборудования, представленного в современных системах связи. Она состоит из следующих основных элементов: приемопередающих антенных устройств или секторов, оборудования ретрансляции радиосигналов, радио-модулей, различных кабельных соединений (джамп-кабели). Помимо основного источника питания, БС оснащены резервным источником автономного питания на случай отключения электроэнергии (аккумуляторы), также на БС устанавливают активную gps антенну.

В целях обеспечения равномерного радиопокрытия зон обслуживания и связанной с этим высокой надежности систем мобильной радиосвязи в стандартах 3G и 4G большое внимание уделяется модернизации и развитию антенных систем базовых радиостанций. Распространенные в настоящее время антенные системы BTS, организованные на основе вибраторных антенн, уже не отвечают требованиям стандартов 3G и 4G. Поэтому в мобильных сетях Европы и мира внедряются новые антенные системы типа: Vpol omni, Xpol, XXpol, XXXpol, секторные и плоские панели, антенны ММО, адаптивные антенные решетки и т.д. Они отвечают всем современным техническим требованиям и обеспечивают стабильный приема сигналов от мобильных станций при минимизации помех.

В настоящее время в мире ведется активная работа по созданию так называемых smart антенн для сотовых сетей. Необходимость такой работы обусловлена высокой плотностью числа абонентов в современных мегаполисах, увеличением трафика, особенно доли передаваемых данных в общем трафике по мере внедрения новых технологий, неравномерным распределением абонентов и трафика в течение дня, недели или в связи с массовыми мероприятиями.

В соответствии с установленными практикой требованиями к антеннам, система каждой антенны БС должна обеспечивать прием режима передачи в проходах выделенного диапазона частот, антенна должна работать в дождь, снег и лед, и быть работоспособной при разных ветровых нагрузках. Наиболее часто при модернизации в нашем регионе заменяют приемопередатчики антенны, а иногда и соединяющие их кабели. Заменяемое оборудование уступает современному оборудованию с точки зрения надежности и простоты обслуживания, а обновление позволяет одной и той же БС обслуживать больше абонентов, ускорять мобильный интернет и улучшать качество сигнала. Кроме того, модернизация сети позволяет увеличивать скорость мобильной сети, в том числе для устройств, работающих в автоматическом режиме: банкоматов, платежных терминалов, навигационного и телеметрического оборудования.

Библиографический список

1. Логвинов, В. В. Приемники систем фиксированной и мобильной связи / В. В. Логвинов. – М. : СОЛОН-Пресс, 2016. – 816 с.
2. Буснюк, Н. Н. Системы мобильной связи / Н. Н. Буснюк, Г. И. Мельянец. – Минск : БГТУ, 2018. – 153 с.
3. Кохно, М. Т. Основы радиосвязи, радиовещания и телевидения / М. Т. Кохно. – М. : Горячая линия-Телеком, 2016. – 272 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

К. В. Селиванов, Н. Э. Василенко

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

Использование литий-ионных аккумуляторных батарей (Li-ion АКБ) в практике осложняется необходимостью компенсации воздействующих на них внешних факторов, а также проблемой контроля их состояния [1]. Эти аспекты делают актуальной проблему управления состоянием и работой Li-ion АКБ.

Для прогнозирования состояния Li-ion АКБ и влияния на него различных внешних факторов необходимо проведение экспериментов с Li-ion АКБ или его виртуальной моделью.

Цифровой двойник – виртуальная модель реального физического объекта. Двойник способен создать связь между физической сущностью сложной системы и ее виртуальной моделью, описать текущее состояние системы и делает возможным прогнозирование ее будущего поведения [2]. Li-ion АКБ является сложной системой, поскольку его внутренние параметры, такие как емкость, температура и заряд не являются линейными и связаны с большим количеством внешних факторов: температура, влажность и т.д. Таким образом, технологию цифрового двойника предпочтительно использовать для моделирования Li-ion АКБ.

В ходе анализа различных источников [3 – 5], посвященных проблемам мониторинга Li-ion АКБ, были обобщенно выявлены следующие способы моделирования: физическая модель и модель эквивалентной схемы. Объединение этих моделей в единую модель цифрового двойника Li-ion АКБ позволяет более точно исследовать его свойства и провести испытания его поведения при различных внешних воздействиях. Полученные данные в ходе виртуального моделирования и эксперимента могут быть использованы в реальных ситуациях, что делает возможным существенно повысить эффективность использования Li-ion АКБ [6].

Модель цифрового двойника Li-ion АКБ должна включать в себя его физические показатели, отслеживаемые в реальном времени. Одним из методов мониторинга и прогнозирования состояния может быть нейронная сеть. Для нейронной сети в качестве входных данных выбираются контролируемые показатели, после чего отслеживаются несколько жизненных циклов Li-ion АКБ или его цифрового двойника с контролером и фиксацией необходимых параметров работы. На базе полученных контролируемых параметров нейронная сеть обучается и в дальнейшем может по состоянию входных параметров прогнозировать с высокой степенью точности значения контролируемых показателей. Важнейшим из контролируемых показателей является оставшаяся емкость Li-ion АКБ. На данный параметр влияет большое количество факторов, таких как: ток разряда, температура и самый важный параметр – степень деградации Li-ion АКБ. Именно степень деградации Li-ion АКБ и должна будет определять нейронная сеть, обученная на жизненном цикле цифрового двойника Li-ion АКБ.

В работе была рассмотрена возможность моделирования Li-ion АКБ с помощью цифрового двойника и его использование для обучения нейронной сети. Результаты работы могут быть применены в управлении Li-ion АКБ при их эксплуатации.

Отдельные результаты получены в рамках стипендиальной программы Президента РФ молодым ученым и аспирантам № СП-4607.2021.1

Библиографический список

1. Артемьев, Б. В. Анализ систем мониторинга аккумуляторных батарей / Б. В. Артемьев, К. В. Селиванов, Е. Е. Яицкая // Научно-технический журнал «Технологии инженерных и информационных систем». – 2020. – № 4.
2. Власов, А. И. Аппаратная реализация нейровычислительных управляющих систем / А. И. Власов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 1999. – № 2. – С. 61 – 65.
3. Andrey Vlasov, Arina Adamova, Kirill Selivanov 1st Conference on Traditional and Renewable Energy Sources: Perspectives and Paradigms for the 21st Century (TRESP 2021) E3S Web Conf. Volume 250, 2021 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125008001>
4. Борисевич, А. В. Моделирование литий-ионных аккумуляторов для систем управления батареями: обзор текущего состояния [Электронный ресурс] / А. В. Борисевич // Современная техника и технологии. – 2014. – № 5. – URL : <https://technology.snauka.ru/2014/05/3542> (дата обращения: 14.09.2021).
5. Брянцев, А. А. Алгоритм определения параметров модели Шеферда / А. А. Брянцев, В. Г. Букреев // Доклады ТУСУР. – 2019. – Т. 22, № 1.
6. Selivanov, K. V. Analysis of factors affecting the capacity of LI-ION rechargeable batteries at low temperatures / K. V. Selivanov, A. I. Vlasov and V. A. Shakhnov // Journal of Physics : Conference Series. Conference on Applied Physics, Information Technologies and Engineering (AP-ITECH-II-2020). – 2020. – V. 1679. – N022053.

ВОДЯНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ В МИКРОСХЕМАХ

А. С. Семенов, А. Д. Вандюков, В. П. Жалнин

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия
(e-mail: Bininser@yandex.ru, vandyuel00@gmail.com, zhalnin@mail.ru)*

Тактовая частота и производительность микропроцессоров в настоящее время сильно ограничена ввиду требований, предъявляемых к мощности и вырабатываемому теплу в современных микросхемах. Методов решения проблемы достаточно много, но не все они так эффективны, как водяное охлаждение [1, 2].

Современные системы, основанные на данном методе, подразумевают использования специального блока водяного охлаждения, работающего вместе с воздушным, то есть использование вентиляторов. В компании Intel это представлено следующим образом [3]:

1. Охлаждающая жидкость поглощает тепло от опорной пластины.
2. Перемещается по системе вверх по трубкам к радиатору.
3. Вентиляторы воздействуют на жидкость через радиатор и помогают ей остыть.
4. Далее цикл повторяется.

Такая модель позволяет рассеивать мощность в среднем до 200 Вт. Но совсем недавно появилось новое эффективное решение для отвода 2600 Вт с микросхем напрямую. Суть его

заключается в следующем: каналы размером 20 мкм для жидкостного охлаждения встраивают непосредственно в верхние кремниевые слои чипа в процессе его производства (DWC – Direct Water Cooling) [4]. Они работают как некий объем с огромной площадью поверхности, через которую прокачивают жидкость, в результате достигается температура микропроцессора в среднем 60 °С, которая при данной нагрузке без охлаждения давно бы достигла критической отметки (рис. 1), т.е. данная система охлаждения позволяет отводить плотность тепла 4,8 Вт/мм², используя при этом всего 0,5 Вт энергии, уходящей на откачку жидкости.

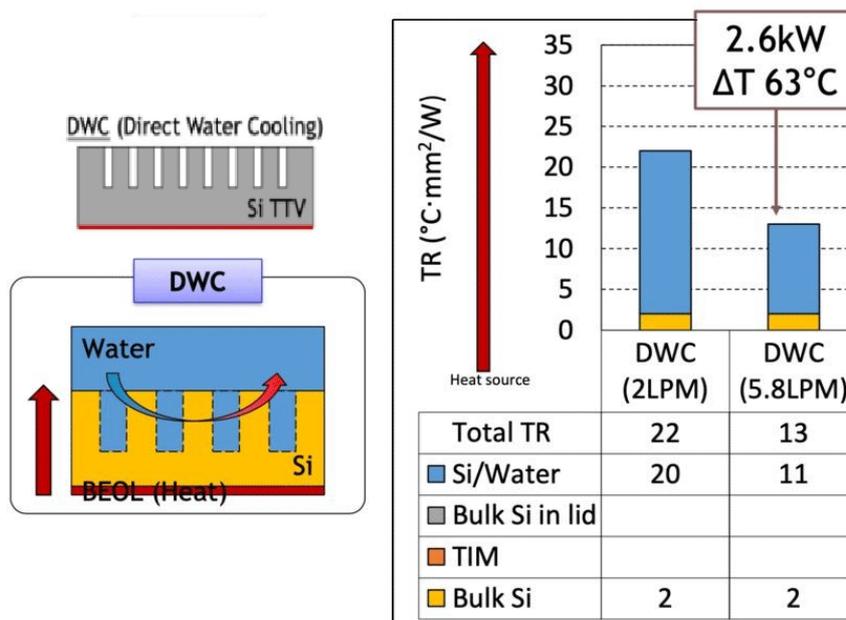


Рис. 1. Метод DWC. Эффективность на различной скорости потока [4]

Несмотря на существующие недостатки новых технологий, связанные со сложностью реализации и внедрения в производство, метод, представленный в тезисе, превосходит используемые в данное время способы охлаждения на порядок и может вдохнуть новую жизнь в приборы и устройства, выделяющие большие тепловые потоки.

Библиографический список

1. High efficiency direct liquid jet impingement cooling of high-power devices using a 3D-shaped polymer cooler / T. Tiwei et al. // IEDM. – 2017.
2. Lid-Integral Cold-Plate Topology: Integration Performance and Reliability / G. Schlottig et al. // ASME. J. Electron. Packag. – 2016.
3. Gallina, M. CPU Cooler: Liquid Cooling Vs. Air Cooling [Электронный ресурс] / M. Gallina // Intel. – 2021. – URL: <https://www.intel.com/content/www/us/en/gaming/resources/cpu-cooler-liquid-cooling-vs-air-cooling.html>.
4. Ultra High-Power Cooling Solution for 3D-ICs / C. J. Wu, S. T. Hsiao, J. Y. Wang et al. // 2021 Symposium on VLSI Circuits. – 2021.

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ СЛОЖНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ

Н. А. Сергеева

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

Основопологающим критерием жизнеспособности современных энергосистем является комплексное качество продукции. Без реализации сквозного контроля и управления качеством невозможно обеспечение высоких технико-экономических показателей [1]. Стандартом устанавливаются базовые показатели качества электроэнергии (ПКЭ): установившееся отклонение напряжения, размах изменения напряжения, доза фликера, коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения, коэффициент n -ой гармонической составляющей напряжения, коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности, коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности, отклонение частоты, длительность провала напряжения, импульсное напряжение, коэффициент временного перенапряжения. Также применяются отдельные дополнительные параметры электрической энергии: интервал между изменениями напряжения, глубина провала напряжения, частота появления провалов напряжения, длительность импульса по уровню 0,5 его амплитуды, длительность временного перенапряжения.

Обобщенный технологический процесс электроэнергетики включает стадии производства, передачи, распределения и потребления электрической энергии. По своему характеру он рассматривается, как сложная система. Эффективным инструментом для описания сложных систем, энергетических в частности, являются визуальные модели [2]. Они позволяют провести системный анализ установившихся режимов работы электрооборудования энергоснабжающей организации и потребителей энергии, предоставляют качественные (дифференциальные) и количественные (интегральные) оценки их структур и характеристик.

Для количественной оценки характеристик качества энергосистем применяется статистическая обработка характеристик качества, что позволяет рассчитать обобщенные показатели, характеризующие конкретную электрическую сеть с точки зрения вероятности появления отказов. Статистический Контроль Производства (Statistical Process Control – SPC) является важнейшим инструментом, позволяющим выявить источники изменчивости процесса и отслеживать его таким образом, чтобы предотвращать появление новых источников ухудшения процесса. Внедрение статистических методов контроля на этапе входного контроля направлен на уменьшение затрат на все последующие контрольные мероприятия. Количественную оценку статистических показателей качества удобно проводить в среде MatLab. Создав библиотеку расчетных моделей (IP модулей) возможно оперативно получать результаты статистического анализа [3, 4].

В общем случае статистический контроль – это процесс установления соответствия между состоянием объекта и заданными на него нормами. Контролем в электроэнергетике охватываются все этапы жизненного цикла энергосистемы. Так как изменения электрических

нагрузок носит случайных характер, то удовлетворение требованиям нормативных показателей в течение всего времени эксплуатации практически нереально. Для этого стандартом предусмотрены вероятностные оценки превышения норм.

При развертывании системы контроля основное внимание уделяется вопросам обработки массивов данных, которые в современных системах следует рассматривать, как Big Data. Без применения развитых инструментов визуализации [2] и аналитической обработки [3, 4] даже самые подробные наборы данных становятся бесполезными. Обработываемые данные можно классифицировать следующим образом: контроль параметров входных компонентов процесса, контроль и регулирование процесса, анализ отклонений от требований, контроль выходных показателей процесса. Для автоматизации данных процедур используются следующие инструменты: контрольный листок, гистограммы, диаграммы разброса, расщепление статистических данных, диаграмма Парето, причинно-следственные диаграммы, контрольные карты.

Применение инструментария MatLab обеспечивает наглядность, простоту и доступность обработки и анализа показателей качества. Диаграммы и гистограммы позволяют визуализировать сами проблемы и подходы к их решению. Контрольные карты позволяют осуществлять непосредственно контроль процессов, по заданным параметрам в режиме реального времени.

Отдельные результаты получены в рамках Госзадания № 0705-2020-0041 «Фундаментальные исследования методов цифровой трансформации компонентной базы микро- и наносистем».

Библиографический список

1. Современные методы и средства обеспечения качества в условиях комплексной автоматизации / В. Г. Дудко, К. Д. Верейнов, А. И. Власов, А. Г. Тимошкин // Вопросы радиоэлектроники. – 1994. – № 1. – С. 71 – 89.
2. Власов, А. И. Визуальные модели управления качеством на предприятиях электроники / А. И. Власов, А. М. Иванов // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. – 2011. – № 11. – С. 34.
3. Маркелов, В. В. Автоматизация методов входного статистического контроля при управлении качеством изделий электронной техники в среде MATHLAB / В. В. Маркелов, А. И. Власов, Д. Е. Зотьева // Надежность и качество сложных систем. – 2014. – № 3(7). – С. 38 – 43.
4. Маркелов, В. В. Управление и контроль качества изделий электронной техники. Семь основных инструментов системного анализа при управлении качеством изделий электронной техники / В. В. Маркелов, А. И. Власов, Д. Е. Зотьева // Датчики и системы. – 2014. – № 8(183). – С. 55 – 66.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ КАК РЕСУРС ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА (НА ПРИМЕРЕ ПАО «РОСТЕЛЕКОМ»)

Р. С. Сивков, А. А. Колодина, И. О. Шибирина, Н. Г. Чернышов

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: mv-elegant@mail.ru, kolodinastya@mail.ru, inna.shibirina@mail.ru, nchtamb@yandex.ru)*

Энергоэффективность является драйвером цифровой экономики и одним из важнейших ресурсов для повышения конкурентоспособности производства. ПАО «Ростелеком» разрабатывает и активно реализует проекты по энергосбережению и повышению эффективности использования электроэнергии. Результат реализации каждого из проектов направлен на сокращение электро-, тепло-, водопотребления, а также снижение использования компанией автомобильного, воздушного или вездеходного транспорта. Общество рационально использует природные ресурсы, модернизирует сети и инфраструктуру, внедряя более энергоэффективное оборудование. ПАО «Ростелеком» стремится снизить потребление энергоресурсов и выбросов парниковых газов и помогает делать то же самое своим клиентам. Энергоэффективность – важный элемент развития умных городов в рамках национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации».

В ПАО «Ростелеком» разработана Программа по энергосбережению и повышению энергетической эффективности на 2019 – 2023 гг., основной целью которой является снижение потребления и сдерживание роста затрат на топливно-энергетические ресурсы (ТЭР) за счет реализации комплекса технических и организационных энергосберегающих мероприятий с учетом роста тарифов и расширения сети.

Ключевые мероприятия по энергосбережению и повышению энергоэффективности, реализованные в 2019 – 2020 годах в части электрической энергии представлены на рис. 1.



Внедрение автоматической системы контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ), замена приборов учета, контроль энергобаланса, снижение потерь. Перевод объектов на расчеты по оптимальным ценовым категориям.



Замена устаревшего традиционного освещения на современное светодиодное. Установка датчиков движения, освещенности, присутствия. Модернизация наружного и уличного освещения с внедрением системы автоматического управления.



Установка современного электрооборудования, имеющего более высокий КПД и оптимальные эксплуатационные характеристики, с одновременным выводом из эксплуатации старого энергоемкого электрооборудования.



Внедрение систем фриклинга/оборудования приточно-вытяжной вентиляции (ПВВ) в технологических контейнерах – использование наружной температуры воздуха для охлаждения технологических помещений.



Мероприятия по заключению договоров энергоснабжения с независимыми энергосбытовыми компаниями (НЭСК) с получением более выгодных условий энергоснабжения и скидки от сбытовой надбавки гарантирующего поставщика.



Вывод на оптовый рынок электроэнергии и мощности (ОРЭМ) крупных технологических объектов с установленной мощностью свыше 670 кВт.

Активация Windows
Чтобы активировать Windows
раздел "Параметры".

Рис. 1. Ключевые мероприятия по энергосбережению и повышению энергоэффективности, реализованные в 2019 – 2020 гг.

Инвестиции в проекты по энергоэффективности в 2020 году составили 304 млн. рублей. По итогам 2020 года специалисты компании установили свыше 63 тыс. интеллектуальных приборов учета электроэнергии.

Основные показатели энергетической эффективности представлены в табл. 1.

Как следует из таблицы, в 2020 году «Ростелеком» сократил объем потребляемой электроэнергии за 2020 год на 7% и объем потребляемой тепловой энергии – на 18%.

В апреле 2021 года «Ростелеком» утвердил новую стратегию на 2021 – 2025 годы, где представил стратегические цели, в том числе и по вопросам энергосбережения до 2025 года, подчеркнув их важность для устойчивого развития компании. На рисунке 2 представлены основные направления в области энергоэффективности. Компания стремится к снижению объемов потребления электроэнергии, расширяет программы сбора и утилизации старых кабельных сетей, сетевого оборудования и абонентских устройств.

1. Показатели энергоэффективности по ПАО «Ростелеком» в 2019 – 2020 годах

Наименование показателей	2019 год	2020 год	2019/2020 годы
Потребление электроэнергии, МВтч	3,042,452	2,817,344	–7%
Расход электроэнергии на м ² общей площади, тыс. кВт/м ²	0,343	0,326	–5%
Тепловая энергия, Гкал	1,234,700	1,006,877	–18%
Расход тепловой энергии на м ² общей площади, Гкал/м ²	0,139	0,117	–16%

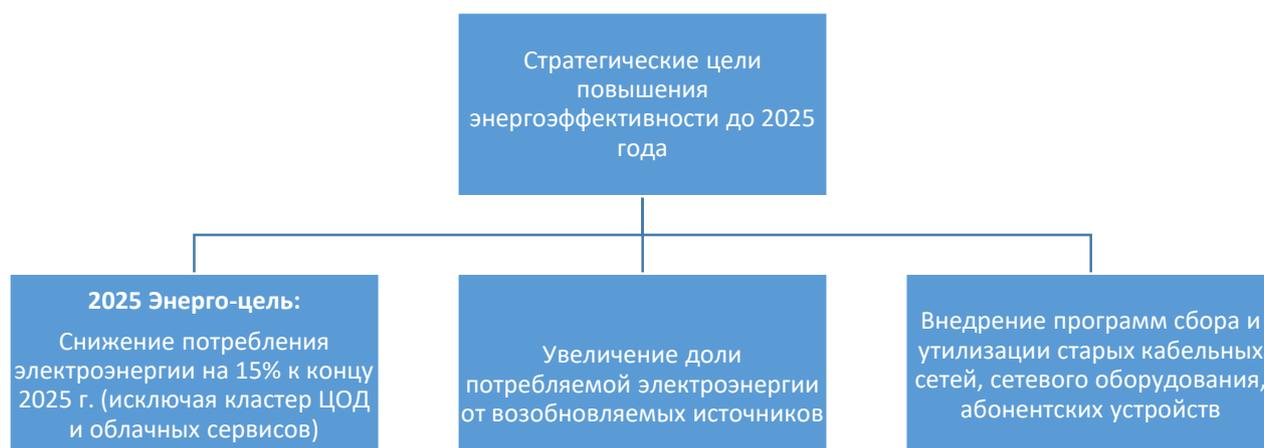


Рис. 2. Основные направления по энергоэффективности

Энергетическая политика компании ориентирована на сокращение энергетической составляющей в себестоимости оказываемых услуг, сокращение эксплуатационных расходов по содержанию зданий и энергетического оборудования охватывает все основные направления деятельности «Ростелекома».

Помимо сокращения собственных затрат за счет проведения внутренних проектов по повышению энергоэффективности, ПАО «Ростелеком» планирует получить рост выручки от реализации проектов повышения энергоэффективности за счет:

- увеличения объема инвестиций;
- увеличения объема предоставления профильных и IT-услуг в рамках реализации проектов по энергоэффективности;
- роста абонентской базы;
- развитие бизнеса оператора энергоданных;
- внедрения систем Smart Cities;
- и др.

Кроме того прогнозируется монетизация абонентской базы (внедрение дополнительных сервисов), увеличение лояльности клиентов.

Полученный синергетический эффект позволит повысить конкурентоспособность как отдельно взятых услуг, так и предприятия в целом.

Библиографический список

1. Approximation of distribution law of experimental test data to assess reliability of information-measuring and control systems / Yu. T. Zyryanov, I. G. Ryazanov, A. Yu. Naumova et al. // *Journal of Physics : Conference Series*. XIII International Scientific and Technical Conference «Applied Mechanics and Systems Dynamics». – 2020. – С 1441:012081. – P. 1 – 8.

2. Application of Generalized Distribution Laws for the Reliability Assessment of Information and Measuring Systems of Energy Saving Control / Yu. T. Zyryanov, N. G. Chernyshov, I. G. Ryazanov et al. // *IOP Conf. Series: Journal of Physics : Conf. Series* 1172 (2019) 012108. – 2019, March. – V. 1172, No. 1.

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.

3. Построение сверхширокополосных излучателей с применением интегрированных печатных волноводов телевидения / А. С. Колмыкова, О. А. Белоусов, Р. Ю. Колмыков, А. И. Дякин // *Журнал Вопросы современной науки и практики*. Университет им. В. И. Вернадского. – 2017. – № 4(66). – С. 214 – 220.

4. Selivanova, Z. M. Modelling of intelligent information measuring system to control hermophysical properties of materials and products / Z. M. Selivanova, D. S. Kurenkov, T. A. Hoang // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2019. – V. 1278. – P. 012040.

5. 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.

6. Metrological Analysis of Analog-To-Digital Conversion Measurement Procedure in Information-Measuring and Control Systems / R. Yu. Kurnosov, T. I. Chernyshova, V. N. Chernyshov, M. A. Kamenskaya // *Proceedings – 2020 2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA 2020*. – 2020. – P. 61 – 64.

7. Публичное акционерное общество Ростелеком [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.rt.ru/> (дата обращения: 08.10.2021).

КОНТРОЛЬ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С УЧЕТОМ ИХ ВЛАЖНОСТИ ПРИ РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

К. В. Скоморохов, З. М. Селиванова, Е. И. Боровкова

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

При решении проблем энергосбережения необходимо учитывать причины снижения энергоэффективности отопительных систем жилых помещений. Актуальной темой исследования является повышение качества применяемых при строительстве зданий материалов, отвечающих требованиям ГОСТа по теплопроводности [1]. Для обеспечения качества строительных материалов (СМ) следует выполнить анализ факторов, влияющих, как на технологический процесс изготовления СМ, так и на материалы в реальных условиях эксплуатации при влиянии влажности окружающей среды на теплопроводность СМ.

Цель исследования – повышение качества строительных материалов в результате разработки математической модели теплофизических измерений с учетом влажности СМ, получение экспериментальной и аппроксимирующей зависимостей теплопроводности от влажности объектов исследования.

Предложена математическая модель теплофизических измерений при реализации метода мгновенного импульсного линейного источника тепла в интеллектуальной информационно-измерительной системе (ИИИС) [2]:

$$\lambda_n(T_n) = f(T_{k1}, T_{k2}, \dots, T_{kn}; \Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_a; W_1, W_2, \dots, W_n, t),$$

где $\lambda_n(T_n)$ – значения теплопроводности строительных материалов в зависимости от температуры T_n ; $T_{k1}, T_{k2}, \dots, T_{kn}$ – величины температур в контролируемых точках материала измерительным зондом; $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_a$ – погрешности аппроксимации экспериментальной зависимости коэффициентов теплопроводности от влажности СМ; W_1, W_2, \dots, W_n – значения влажности материалов.

Графики экспериментальной зависимости при контроле ИИИС теплопроводности дерева с учетом его влажности $\lambda = f(W)$ и аппроксимирующей зависимости $\tilde{\lambda} = F(W)$ приведены на рис. 1. ИИИС состоит из следующих структурных компонентов: цифрового измерительного канала (измерительного зонда с цифровыми датчиками температуры, устройства формирования теплового воздействия, микроконтроллера), интеллектуального устройства обработки измерительной информации с использованием информации базы знаний и блока принятия решений. При определении теплопроводности СМ на стадии технологического процесса (ТП) изготовления ИИИС принимает решение о коррекции ТП, если λ отличается от нормирующего значения, указанного в ГОСТе [1]. В случае контроля λ СМ, из которых изготовлены здания, в условиях влажности окружающей среды ИИИС принимает решение об изменении температурного режима отопительной системы до соответствующей нормы.

Аппроксимирующая функция зависимости $\lambda = f(W)$ для дерева представлена в следующем виде:

$$\tilde{\lambda} = F(W) = -3,106 \cdot 10^{-6} W^3 + 1,31 \cdot 10^{-4} W^2 + 3,37 W + 0,11.$$

Данные измерительной информации о влажности материалов поступают во время теплофизических измерений в базу знаний ИИИС и затем применяются при коррекции измеренных значений теплопроводности СМ. Контроль теплопроводности СМ ИИИС с учетом влажности окружающей среды в процессе их изготовления и в построенных зданиях способствует повышению их качества и решению проблем энергосбережения.

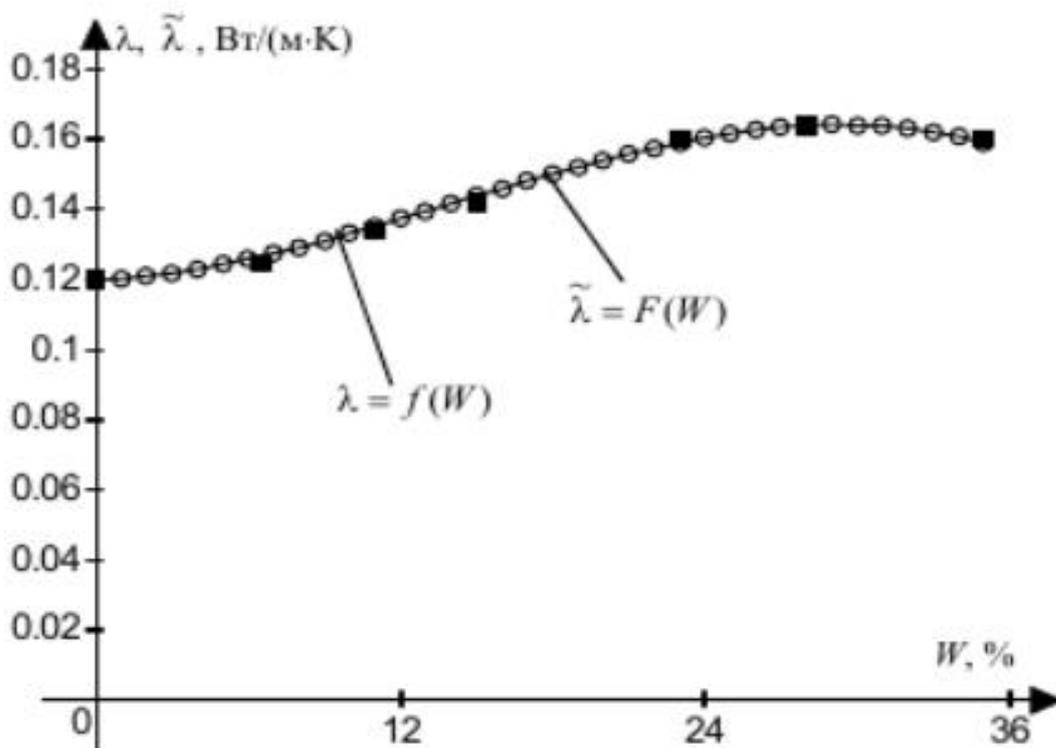


Рис. 1. Графики зависимости теплопроводности дерева от влажности $\lambda = f(W)$ и аппроксимирующая функция $\tilde{\lambda} = F(W)$

Библиографический список

1. ГОСТ 7076–99. Межгосударственный стандарт. Материалы и изделия строительные. Дата введения 2000-04-01.
2. 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.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ УСКОРЕННОГО СИНТЕЗА ПРИ РАЗРАБОТКЕ МНОГОЛУЧЕВЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК В СРЕДЕ MATLAB

А. О. Смирнов, И. Н. Кочетов, В. В. Помещиков, Н. В. Заходякин, А. А. Тришаков

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: lexa.smirnov.00@mail.ru)*

Одно из важных и перспективных направлений современной радиолокационной техники связано с освоением многолучевых фазированных антенных решеток и их использования в телекоммуникационных системах. Рассмотренные методы позволяют значительно ускорить и автоматизировать процесс разработки системы, уменьшить объем физического макетирования. Ускорение разработки многолучевых антенных решеток позволяют решить следующие проблемы:

Во-первых, резкое увеличение количества одновременно обслуживаемых физических объектов в зоне действия одной базовой станции.

Во-вторых, с появлением сервисов, поддерживающих множества контента, таких как системы VR, новые стандарты для разложения видеоданных UHD TV 4K и UHD TV 8K, привели к необходимости предоставления высокоскоростного радиодоступа, способного поддерживать работу множества абонентов одновременно.

В-третьих, внедрение в производство и в широкий обиход автоматизированных беспилотных систем, привело к необходимости создания URLLC [1].

Вышеописанные факторы привели к созданию новых способов сетевого взаимодействия для радиосвязи пятого поколения, таких как eMMB – способ передачи 3D-данных, UHD – способ передачи высококачественного видео контента, URLLC – способ передачи устойчивого высокоскоростного сигнала с минимальной задержкой для V2V, V2I, mMTC – поддержка множества низкоскоростных устройств [2].

MATLAB – это интерактивная среда для научных вычислений и высокоуровневого программирования, которая позволяет выполнять визуализации результатов и выполнение численных расчетов [3]. MATLAB позволяет значительно ускорить решение типовых задач и разработку цифровых многолучевых антенных решеток для систем широкополосной радиосвязи пятого поколения в сравнении с традиционными языками программирования, моделировать объекты и разрабатывать системы управления, обрабатывать сигналы и изображения, измерять сигналы и тестировать их, заниматься финансовым моделированием и вычислительной биологией.

MATLAB обладает достаточным инструментарием для моделирования антенных решеток, которые полностью удовлетворяют требования для решения поставленных задач. Такими инструментами являются Antenna Toolbox, Phased Array System Toolbox, 5G Toolbox. Эти инструменты позволяют построить как грубую приближенную модель антенной решетки, так и моделировать излучения и рассчитывать диаграммы направленности отдельных ячеек.

Соответственно, чем сложнее моделирование, тем более высокие требования к ресурсам ЭВМ и времени вычисления.

Antenna Toolbox предоставляет функции для проектирования, анализа и визуализации антенных элементов и массивов. Возможно создание автономных, линейных и прямоугольных массивов антенн с использованием библиотеки заданных элементов с параметризованной геометрией.

Phased Array System Toolbox предоставляет алгоритмы для разработки и симуляции сенсорной матрицы и beamforming систем в радиосвязи, радаре, гидролокаторе, акустических, и медицинских приложениях обработки изображений. Инструмент предоставляет возможность смоделировать и проанализировать поведение активных и пассивных массивов, включая подрешетки и произвольные конфигурации, а также спроектировать многолучевые и электронно-управляемые антенные решетки сотовой связи LTE, SATCOM и систем связи WLAN [4].

Применение вышеизложенного подхода позволяет синтезировать в реальном времени различные электродинамические структуры, а именно: их геометрию, значение амплитуд, фаз и др. Также позволяет использовать результаты моделирования для выбора или изменения элементной базы функциональных узлов антенной решетки. Данная идеология может быть рассмотрена не только для решения вышеописанной задачи, но и для других средств и комплексов радиосвязи.

Библиографический список

1. Синтез цилиндрической фазированной антенной решетки на основе логопериодических вибраторных антенн для систем широкополосного доступа стандарта IEEE802.11, IEEE802.16 / О. А. Белоусов, Р. Ю. Курносков, П. А. Горшков, А. Г. Рязанова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 266 – 272.
2. Широкополосные беспроводные сети передачи информации / В. М. Вишневецкий, А. И. Ляхов, С. Л. Портной, И. В. Шахнович. – Техносфера, 2005. – 315 с.
3. Дьяконов, В. П. MATLAB и SIMULINK для радиоинженеров / В. П. Дьяконов. – М. : ДМК Пресс, 2011. – 976 с.
4. Антенная решетка на основе широкополосной планарно-щелевой антенны с экспоненциальным изменением ширины щели для систем беспроводного широкополосного доступа / О. А. Белоусов, Р. Ю. Курносков, П. А. Горшков, А. Г. Рязанова // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 2(56). – С. 184 – 194.

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ УПРАВЛЯЕМОСТИ СИСТЕМ СВЯЗИ И РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВИАЦИОННЫХ ФОРМИРОВАНИЙ

М. А. Стафеев

Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия

Возрастание требований к ситуационной осведомленности органов управления авиацией, к обеспечению своевременного их реагирования на изменение обстановки, обеспечению требуемого уровня безопасности полетов при подготовке и в ходе боевых действий обуславливает необходимость совершенствования систем обеспечения авиационных формирований.

Одной из основных систем обеспечения применения авиации, без которой невозможно осуществление подготовки и выполнения всех этапов полетов, является система связи и радиотехнического обеспечения (РТО). Особенностью системы связи и РТО является то, что ее состояние, качество ее функционирования влияет на порядок выполнения задач авиационными формированиями в воздухе, и в конечном счете на результат выполнения поставленных задач в целом. В современных условиях применения авиационных формирований, когда качество выполнения возложенных на систему связи и РТО задач обуславливается ее возможностями по своевременному изменению своего состояния в соответствии с намерениями органа управления, на первый план выступает такое требование, как ее управляемость. Для органа управления важнейшим фактором в принятии управленческих решений становится возможность своевременного и адекватного изменения состояния системы связи и РТО. Объективным, является тот факт, что управляемость системы связи и РТО, то есть ее способность перейти в заданное состояние, определяется не только способностью органов управления полностью и в установленные сроки выполнить свои функции, но и возможностями самой системы связи и РТО, определяемыми степенью ее подготовленности, наличием необходимых ресурсов и сложившимися условиями обстановки.

Влияние текущего состояния системы связи и РТО на ее управляемость может быть охарактеризовано следующими зависимостями: чем незначительнее отличие текущего состояния системы связи и РТО от требуемого, тем быстрее и с меньшими затратами ресурсов оно будет достигнуто; чем выше укомплектованность частей и подразделений связи и РТО личным составом, обеспеченность техникой, лучше ее техническое состояние, тем быстрее система связи и РТО сможет достичь требуемого состояния; чем больше по объему и выше по уровню готовности выделенный резерв сил и средств связи и РТО, тем выше возможности системы связи и РТО по выполнению внезапно возникающих задач и, соответственно, вероятнее ее переход в требуемое состояние в заданные сроки.

Особенностью функционирования систем управления связью и РТО на современном этапе является возрастание объемов информации, поступающей в распоряжение органа управления связью и РТО для принятия решений и объемов задач по руководству системой связи и РТО, в свою очередь, сроки на принятие решений и выполнение задач постоянно сокращаются [1, 2]. Разрешение указанного противоречия предполагается путем применения средств автоматизации, которые должны прежде всего уменьшить время выполнения рутинных работ,

связанных со сбором необходимых данных, разработкой распорядительных, планирующих, отчетных и других документов. Развертываемые средства автоматизации должны обеспечить электронный документооборот, ускорить процесс информационного обмена. С другой стороны, программное обеспечение должно обеспечить повышение обоснованности принимаемых решений организационного управления, путем решения должностными лицами информационных и расчетных задач, применения ими моделирующих систем. При этом существенное влияние на обеспечение управляемости имеет наличие и качество функционирования сети служебной связи.

Таким образом, развитие систем связи и РТО авиационных формирований предполагает изменения в подходах обеспечения ее управляемости, разработку способов ее повышения с учетом специфики применения авиации в прогнозируемых условиях.

Библиографический список

1. Арсланов, Х. А. Автоматизированная система управления связью Вооруженных Сил Российской Федерации и приоритетные направления ее развития / Х. А. Арсланов, А. С. Башкирцев, А. М. Лихачев // Связь в Вооруженных Силах Российской Федерации. – 2016. – С. 17 – 20.

2. Костарев, С. В. Современные подходы к обеспечению разведывательной защищенности и живучести системы связи объединения в операциях (боевых действиях) / С.В. Костарев, И. Г. Воробьев // Военная мысль. – 2019. – № 11. – С. 58 – 68.

СИНТЕЗ ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РЕБРИСТО-СТЕРЖНЕВОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ ДЛЯ СЕТЕЙ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ

В. И. Тетюхин, О. А. Белоусов, Л. С. Ожогина, Р. О. Козадаев

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

Развитие современного стандарта передачи данных пятого поколения влечет за собой необходимость использования широкополосного сигнала с достаточной зоной покрытия и формирования многолучевых диаграмм направленности с возможностью работы в кросс-поляризации.

Эффективность работы данных систем зависит также от используемой антенной системы [1]. Предлагается в качестве основных элементов, входящих в антенную систему, использовать ребристо-стержневые излучатели. Этот тип излучателей обладает высоким коэффициентом усиления, линейностью волнового сопротивления для нужного диапазона частот и возможностью работы в кросс-поляризации, а также для диапазона $n79$ (4,7 ГГц). Такие излучатели будут компактными и простыми в изготовлении [2].

Используя аналитическое выражение для диаграммы направленности [3] и геометрические размеры для нужного диапазона построим в программе электродинамического моделирования феноменологическую модель такого излучателя (приведена на рис. 1) [4 – 6].

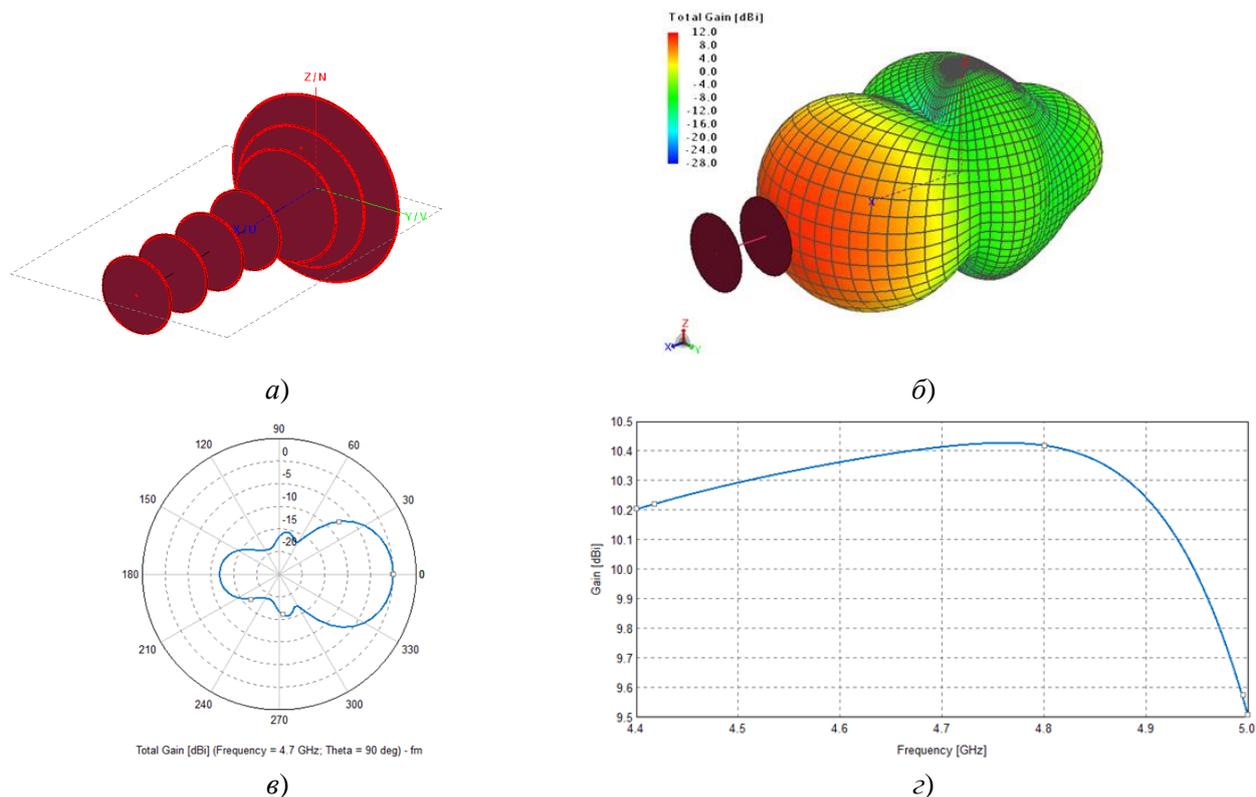


Рис. 1. Феноменологическая модель ребристо-стержневого излучателя:
 а – 3D-модель; б – 3D-модель с трехмерной диаграммой направленности;
 в – диаграмма направленности; г – зависимость коэффициента усиления от частоты

На основе феноменологической модели излучателя мы получили следующие результаты: на основной частоте главный лепесток диаграммы направленности имеет ширину 60° по уровню -3 дБ, коэффициент усиления 10,4 дБи, коэффициент направленного действия 10,4 дБи. Таким образом, полученный ребристо-стержневой излучатель подходит для применения в антенной решетке, способной работать в сетях передачи данных пятого поколения.

Библиографический список

1. Воскресенский, Д. И. Активные фазированные антенные решетки / Д. И. Воскресенский, А. И. Канащенков. – М. : Радиотехника, 2004.
2. Хансен, Р. С. Фазированные антенные решетки / Р. С. Хансен. – М. : Техносфера, 2012.
3. Кюн, Р. Микроволновые антенны / Р. Кюн. – Ленинград : Судостроение, 1967. – С. 450 – 455.
4. Воскресенский, Д. И. Проектирование фазированных антенных решеток / Д. И. Воскресенский, В. И. Степаненко. – М. : Радиотехника, 2012. – 744 с.
5. Белоусов, О. А. Фазированная антенная решетка для систем цифрового телевидения / О. А. Белоусов, С. Н. Калашников // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – № 3(53). – С. 62 – 68.
6. Синтез цилиндрической фазированной антенной решетки на основе логопериодических вибраторных антенн для систем широкополосного доступа стандарта IEEE802.11, IEEE802.16 / О. А. Белоусов, Р. Ю. Курносков, П. А. Горшков, А. Г. Рязанова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 266 – 272.

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАШИРОКОПОЛОСНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ РАДИОСВЯЗИ ШЕСТОГО ПОКОЛЕНИЯ

А. А. Тришаков, А. О. Смирнов, Д. А. Караваев, И. Н. Кочетов, Р. Д. Карих

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: trishakov2016@yandex.ru)*

В качестве излучателей, для стандарта 6G, можно использовать ультраширокополосные излучатели, а именно излучатели с экспоненциальным расширением щели, дисковые излучатели при соответствующем подборе диэлектрического основания для этого диапазона [1].

В общем случае сверхширокополосный излучатель представляет излучатель, который позволяет работать в нескольких диапазонах одновременно, при этом он должен сохранять свои электродинамические характеристики. Рассмотрим излучатели, использующиеся в данном диапазоне [2].

Излучатель Вивальди разделен на зоны, имеющие следующие свойства при трансформации и транслировании сигнала в радиоэфир:

- зона раскрыва представляет собой диэлектрическое основание, на которую с помощью металлизации нанесен специальный рисунок щелевой линии. предназначен для транслирования радиосигнала в эфир;
- зона преобразователя предназначена для стабилизации микрополосковой линии, (являющаяся большим источником помех), которая в зоне раскрыва сочленяется со щелевой линией, выполняющей функцию стабилизации;
- зона резонатора излучателя – связующая область между электрическими характеристиками и линией питания излучателя, расположенная в самом начале самой щелевой линии.

Достоинствами данной антенны являются: 1) конструктивная простота; 2) малая стоимость и технологичность производства; 3) широкая рабочая полоса.

Можно выделить следующие недостатки: 1) малый диапазон частот; 2) высокое входное сопротивление (преодолен в двухстороннем излучателе Вивальди) [3].

Также существует логопериодическая антенна, которую относят к ультраширокополосным антеннам, работающим в узкой полосе пропускания и предназначенным для эксплуатации в системах радиосвязи различного назначения.

Существует две идентичные плоские металлические логопериодические структуры, изготовленные в виде односторонней печатной платы, сторона которой состоит из пластины гибкого фольгированного диэлектрика. Все эти элементы составляют сверхширокополосную логопериодическую антенну (ЛПА). Структуры на печатной плате располагаются на одной оси друг к другу с необходимым просветом между ними. По оси антенны линии питания, воплощенная в виде сверхширокополосного симметрирующего согласующего трансформатора, располагается противофаза, в которой проходит возбуждение логопериодических структур. Если смотреть с практической стороны, то высокочастотная граница рабочего диапазона частот ЛПА зависит от ряда факторов, которые включают в себя размер, тип линии питания и достижимую точность изготовления вибраторов, которые находятся рядом с вершинами логопериодических структур, а в теории данная антенна не имеет своих границ [4].

Применение такого типа излучателей в стандарте 6G, которая работает в терагерцовом диапазоне, позволяет строить современные высокоскоростные эффективные средства радиопередачи данных с достаточно большой полосой пропускания и высокими скоростными характеристиками.

Библиографический список

1. Антенная решетка на основе широкополосной планарно-щелевой антенны с экспоненциальным изменением ширины щели для систем беспроводного широкополосного доступа / О. А. Белоусов, Р. Ю. Курносов, П. А. Горшков, А. Г. Рязанова // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 2(56). – С. 184 – 194.
2. Синтез цилиндрической фазированной антенной решетки на основе логопериодических вибраторных антенн для систем широкополосного доступа стандарта IEEE802.11, IEEE802.16 / О. А. Белоусов, Р. Ю. Курносов, П. А. Горшков, А. Г. Рязанова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 266 – 272.
3. Белоусов, О. А. Анализ и синтез широкополосной планарной щелевой антенны с экспоненциальным изменением ширины щели для систем широкополосного доступа / О. А. Белоусов, А. А. Бякин, И. Г. Рязанов // Университет им. В. И. Вернадского : сб. науч. тр. – 2013.
4. Сверхширокополосные антенны / пер. с англ. С. В. Попова и В. А. Журавлева ; под ред. Л. С. Бененсона. – М. : Мир, 1964. – 416 с.

ПЛАТА СМФ КАК ОБЪЕКТ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

Э. Ш. Фразау, М. С. А. А. Обианг, Ю. Т. Зырянов

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: edsonfrazaoedy@gmail.com, sindulfoa2@gmail.com, zut-tmb@mail.ru)*

Расширение областей автоматизированного управления производственными и интеллектуальными сферами деятельности современного общества сопровождается бурным развитием электронных систем и существенным усложнением этих систем. Вместе с тем непрерывно возрастают требования к надежности действия сложных систем, от правильной работы которых зависят в конечном счете здоровье и жизнь людей и состояние окружающей среды.

Любой объект, созданный руками человека, не может иметь абсолютную (сто процентную) надежность. Чтобы приблизиться к ней, человеческая мысль развивается в самых разных направлениях по пути повышения этой надежности. Одним из способов повышения надежности действия технических систем является техническая диагностика, в частности диагностика электронных средств [1].

Техническая диагностика – это отрасль научно-технических знаний, сущность которой составляют теория, методы и средства обнаружения и поиска дефектов объектов технической природы. Под дефектом следует понимать любое несоответствие свойств объекта заданным, требуемым или ожидаемым свойствам. Использование технической диагностики расширяется и совершенствуется, так как она все ошутимее становится гарантией качества и надежности любых технических, в том числе и электронных систем.

В качестве объекта технического диагностирования будет рассмотрена процессорная плата – *СМФ* (рис. 1).

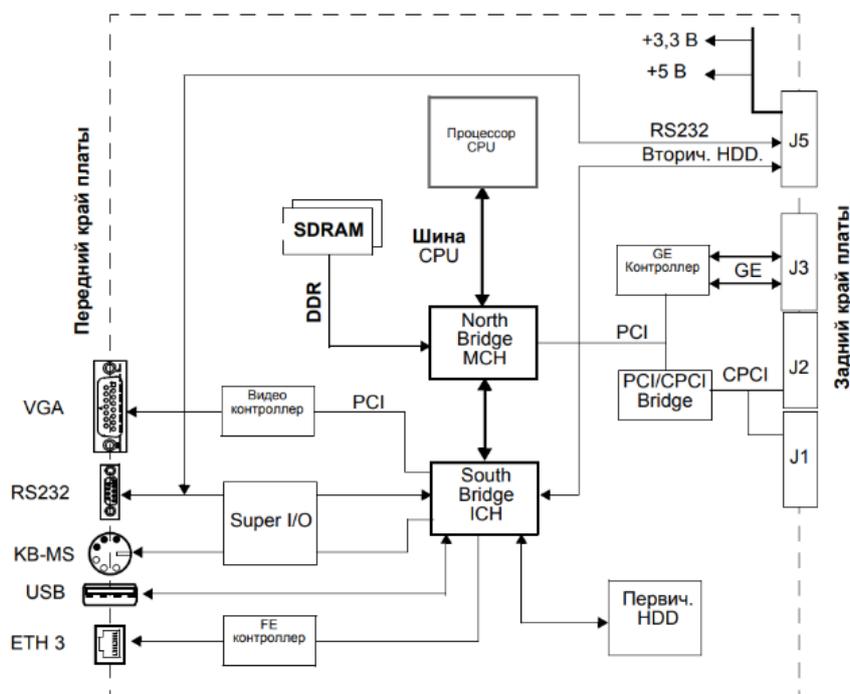
Процессорная плата *СМФ* – это съемная плата, устанавливаемая в секциях *МЕА*, где она обеспечивает:

- соединение с задней платой секции *MEA* через два интерфейса *Ethernet*;
- подключение дополнительного жесткого диска;
- соединение с окружением через интерфейсы (разъемы) в лицевой панели *CMF*.

Данная плата представляет собой технически сложное устройство, состоящее из большого количества различных блоков и модулей, которые, в свою очередь, можно рассматривать как отдельные устройства с различными типами неисправностей. Данные неисправности распознают с помощью комплекса мер, которые применяются в ходе технического диагностирования [2, 3].



а)



б)

Рис. 1. Процессорная плата *CMF*:

а – внешний вид платы; б – блок-схема платы

Таким образом, можно сделать вывод, что данное устройство может рассматриваться как объект технического диагностирования, так как имеет в своем составе большое количество блоков и модулей, состоящих из различных элементов и имеющих различные характеристики и параметры, работоспособность которых можно установить по результатам технической диагностики каждого в отдельности, или в составе блока.

Библиографический список

1. Королев, П. Г. Обмен данными в системах технической диагностики / П. Г. Королев, Н. В. Романцова, В. А. Сухоцкий // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. – 2016. – Т. 2. – С. 111 – 114.
2. Ашков, Е. М. Системы диагностики технических объектов / Е. М. Ашков, А. В. Муратов, И. А. Новикова // Интеллектуальные информационные системы, Воронеж, 23 – 25 июня 1999 года. – Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 1999. – С. 224.
3. Технические средства диагностики : методические указания к лабораторным работам для студентов магистерской подготовки по направлению 13.04.02 – Электроэнергетика и электрофизика. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2021. – 39 с.

ОЦЕНКА МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ПРОЦЕССОРНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ

Т. И. Чернышова, Р. Ю. Курносков

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

В структуре современных процессорных измерительных средств значительное место занимают информационно-измерительные системы (ИИС), решающие множество важных задач в технике измерительных экспериментов. Предъявляемые в информационно-измерительных системах требования к качеству получаемой измерительной информации неразрывно связаны с требованиями к обеспечению заданного уровня метрологической надежности ИИС. Для определения количественной оценки метрологической надежности (МН) средств измерений, в том числе и ИИС, чаще всего используется показатель МН – метрологический ресурс (МР). Особое место в структуре ИИС в настоящее время занимают блоки аналого-цифрового преобразования (АЦП). Такие блоки отличаются высокой точностью, быстродействием (временем преобразования), помехозащищенностью и рядом других свойств, определяемых в зависимости от назначения и функциональных возможностей процессорных ИИС, содержащих в своей структуре рассматриваемые блоки. Метрологическая надежность АЦП в значительной степени определяет результирующую метрологическую надежность ИИС в целом. Поэтому представляется достаточно важным определение путей решения задачи оценки МР как основного показателя метрологической надежности АЦП при решении задачи оценки МН ИИС в целом.

Предлагается алгоритм оценки метрологического ресурса блока АЦП с учетом метрологических свойств, составляющих этот блок модулей (цепь дифференциальной нагрузки и согласования, нормализующий усилитель, устройство формирования частоты). В зависимости от постановки задачи оценки МН и ответственности выполняемых АЦП функций, определение метрологической надежности аналого-цифрового преобразователя включает в себя два подхода. В основе каждого из них положен аналитико-вероятностный метод прогнозирования метрологической надежности, основанный на математическом моделировании нестационарных случайных процессов изменения во времени исследуемых метрологических характеристик средств измерений.

Первый подход, являющийся более оперативным, позволяет определить метрологический ресурс АЦП с учетом доминирующего влияния основного модуля в структуре аналого-цифрового преобразователя. Достоинство этого подхода состоит в быстром получении результата по оценке МН. Второй подход, являющийся более корректным, позволяет оценить выбранный показатель метрологической надежности блока АЦП, используя для этого результаты расчета выбранного показателя МН для всех модулей, составляющих измерительный канал аналого-цифрового преобразователя. Достоинство этого подхода заключается в более высокой достоверности и точности оценки выбранного показателя МН.

Таким образом, на основании сбора исходных данных о функциональном назначении и характеристиках блока аналого-цифрового преобразования в структуре процессорных информационно-измерительных систем и проведенного анализа существует возможность на этапе проектирования выбрать один из представленных подходов с целью осуществления оперативной или корректной оценки метрологической надежности АЦП и в дальнейшем оценить требуемый показатель метрологической надежности для ИИС в целом.

Библиографический список

1. Kurnosov, R Yu. Metrological Analysis of Analog-To-Digital Conversion Measurement Procedure in Information-Measuring and Control Systems / R. Yu. Kurnosov, T. I. Chernyshova, V. N. Chernyshov, M. A. Kamenskaya // Proceedings – 2020 2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA 2020. – 2020. – P. 61 – 64.
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. Лоскутова, А. Д Первичный измерительный преобразователь бесконтактного контроля инфракрасного излучения / А. Д. Лоскутова, А. П. Королев, В. Н. Чернышов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2020. – Т. 26, № 1. – С. 20 – 25.
4. Определение оптимальной периодичности технического обслуживания информационно-измерительных и управляющих систем с применением нейросетевых технологий / И. Г. Рязанов, Н. Г. Чернышов, Ю. Т. Зырянов, А. Ю. Наумова // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2019. – Т. 25, № 2. – С. 197 – 205.

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛИС ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ЦИФРОВЫХ АВТОМАТОВ

Н. И. Шепелев, И. В. Тюрин, С. С. Ващенко, Р. О. Козадаев

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: shepelyov.kolya@mail.ru, tyrinilja@yandex.ru, vashhenko98@list.ru,
kozadaev.roman1998@gmail.com)*

Программируемая логическая интегральная схема (ПЛИС) – это электронный компонент (интегральная схема), используемый для создания настраиваемых цифровых электронных схем. В отличие от обычных цифровых микросхем, логика работы ПЛИС не определяется в процессе изготовления, а задается программированием (проектированием). Для программирования используются программатор и IDE (среда отладки), позволяющие задать желаемую структуру цифрового устройства в виде базовой электрической схемы или программы на специальных языках программирования: Verilog, VHDL, AHDL и др.

Ниже приведена внутренняя структура ПЛИС [1].

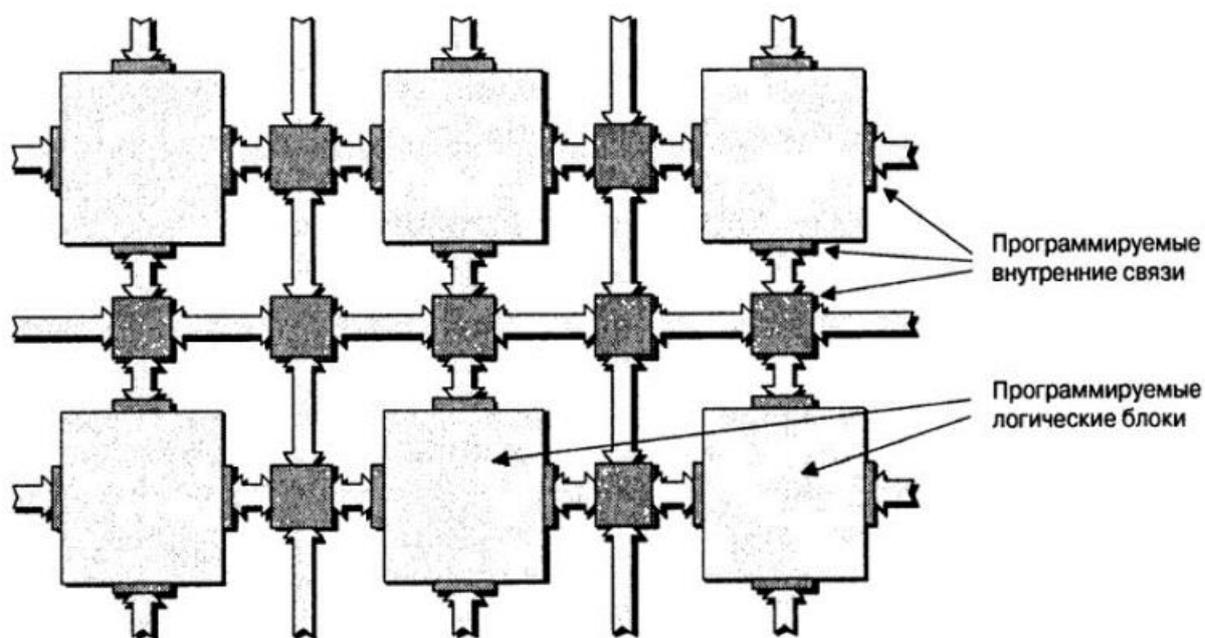


Рис. 1. Внутренняя структура ПЛИС

Преимущества применения ПЛИС

1. Возможность организации мелкосерийного производства без больших начальных вложений в технологию.
2. Использование ПЛИС позволяет производить высокотехнологичную электронную продукцию даже в странах, которые не производят современные Большие интегральные схемы (БИС).
3. САПР ПЛИС намного дешевле и проще в освоении, чем САПР БИС.
4. Использование ПЛИС обеспечивает относительную простоту исправления ошибок проектировщиков в процессе отладки изделий.

5. В проектах на ПЛИС меньше проблем с разводкой и расфазировкой синхросигналов за счет использования встроенных в микросхемы ПЛИС соответствующих средств.

6. При использовании ПЛИС задачи согласования интерфейсов микросхем легче решаются благодаря возможности перенастройки блоков ввода/вывода ПЛИС на множество различных стандартов сигналов.

7. Упрощается отладка и тестирование аппаратных средств FPGA как за счет обязательной реализации в них стандарта периферийного сканирования JTAG, так и возможности встраивания схем логического анализатора в проекты (на этапе их отладки).

8. FPGA – удобный инструмент для создания и исследования прототипов и макетов устройств перед их реализацией в виде БИС. [2]

Основные недостатки ПЛИС по сравнению с БИС

1. Площадь, занимаемая схемой проекта на микросхеме FPGA, больше, а скорость меньше, чем у тех же проектов, реализованных в виде пользовательских БИС, с теми же технологическими стандартами изготовления микросхем.

2. Надежность оборудования, реализованного на ПЛИС, меньше, чем у функционально эквивалентного оборудования, реализованного в виде настраиваемых БИС.

3. Стоимость изделий на БИС при больших сериях производства этих изделий меньше, чем на ПЛИС [3].

Таким образом, ПЛИС наиболее широко используются в микропроцессорной и компьютерной технике. На их основе разрабатываются контроллеры шин, дешифраторы адресов, микропроцессорная логика кадрирования, формирователи управляющих сигналов и т.д. Микропрограммные автоматы и другие специализированные устройства, такие как цифровые фильтры, схемы обработки сигналов и изображения, часто изготавливаются на ПЛИС.

Библиографический список

1. Стешенко, В. Б. ПЛИС фирмы «Altera»: элементная база, система проектирования и языки описания аппаратуры / В. Б. Стешенко. – М. : Издательский дом «Додэка-XXI», 2002. – 576 с.

2. Грушвицкий, Р. И. Проектирование систем на микросхемах программируемой логики / Р. И. Грушвицкий, А. Х. Мурсаев, Е. П. Угрюмов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.

3. Бродин, В. Б. Системы на микроконтроллерах и БИС программируемой логики / В. Б. Бродин. – М. : ЭКОМ, 2002. – 400 с.

АЛГОРИТМ ПРОЦЕССА ДИАГНОСТИКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

И. О. Шибирина, Р. С. Сивков, А. А. Колодина, Н. Г. Чернышов

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

Современные системы промышленных многопараметрических объектов обладают множеством параметров, поэтому для корректного хода технологических процессов необходимо оперативно диагностировать состояние и параметры этих элементов, обеспечивая безопасность и надежность.

Если промышленный объект работает в нескольких режимах, то для каждого составляется отдельная диагностическая модель. Для каждой модели можно указать несколько диагностических параметров и(или) признаков, характеризующих техническое состояние объекта [1 – 4].

Для эффективной технической реализации диагностики необходимо построить и придерживаться алгоритма функционирования, который состоит из нескольких этапов.

Вначале проводится постановка задачи диагностики, после чего запускается объект управления для диагностики его состояния. Контролируется лишь некоторое количество наиболее существенных параметров, проводится запись данных диагностики, которые позволяют узнать работоспособность по двум условиям:

1. Если объект не работает нормально, то следует отметить, что отказ объекта может возникнуть в результате наличия одного или нескольких дефектов, но появление дефектов не всегда означает, что возник отказ. Поэтому нужно пытаться его исправить:

- если возможно, то исправляем, а затем заново переходим к перезапуску, потому что при исправлении состояние объекта могло измениться, поэтому проведем поиск места отказа.
- если исправить невозможно, то определяется оценка его ремонтпригодности.

При высокой оценке проводится ремонт объекта и его повторный запуск.

Когда оценка низкая, то не выгодно проводить ремонт, поэтому анализируются результаты диагностики для поиска причины выхода из строя, после этого выбираем другой объект для другой диагностики.

2. Если объект работает нормально, то проводится получение кривой нагрева, измерение потребляемой мощности для определения оценки динамики объекта [5 – 7].

Библиографический список

1. Approximation of distribution law of experimental test data to assess reliability of information-measuring and control systems / Yu. T. Zyryanov, I. G. Ryazanov, A. Yu. Naumova et al. // Journal of Physics : Conference Series. XIII International Scientific and Technical Conference «Applied Mechanics and Systems Dynamics». – 2020. – С 1441:012081. – P. 1 – 8.

2. Application of Generalized Distribution Laws for the Reliability Assessment of Information and Measuring Systems of Energy Saving Control / Yu. T. Zyryanov, N. G. Chernyshov, I. G. Ryazanov et al. // IOP Conf. Series : Journal of Physics : Conf. Series 1172 (2019) 012108. – 2019, March. – V. 1172, No. 1.

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.
3. Построение сверхширокополосных излучателей с применением интегрированных печатных волноводов телевидения / А. С. Колмыкова, О. А. Белоусов, Р. Ю. Колмыков, А. И. Дякин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2017. – № 4(66). – С. 214 – 220.
4. Selivanova, Z. M. Modelling of intelligent information measuring system to control her-mophysical properties of materials and products / Z. M. Selivanova, D. S. Kurenkov, T. A. Hoang // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – V. 1278. – P. 012040.
5. 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.
6. Metrological Ana.lysis of Analog-To-Digital Conversion Measurement Procedure in In-formation-Measuring and Control Systems / R. Yu. Kurnosov, T. I. Chernyshova, V. N. Chernyshov, M. A. Kamenskaya // Proceedings – 2020 2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA 2020. – 2020. – P. 61 – 64.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ СОСТОЯНИЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЛОКАЛЬНОГО ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

М. Н. Юлдашев, В. А. Шахнов

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

Функционирование технической системы можно рассматривать как процесс смены состояний системы. Задача определения текущего состояния системы по ее параметрам является популярной задачей при мониторинге, контроле и принятии решений, и называется задачей классификации [1]. Как правило, алгоритмы, которые реализуют механизмы классификации, оперируют со всеми параметрами системы. Однако подобный подход неэффективен в том случае, если получение текущих параметров системы является ресурсозатратной операцией. Например, сбор параметров окружающей среды в беспроводной сенсорной сети осуществляется при помощи беспроводного взаимодействия, что в свою очередь требует расхода электроэнергии автономных источников питания сенсоров [2]. Таким образом, алгоритм классификации, который будет оперировать с ограниченным набором параметров, будет энергоэффективным.

Для сокращения количества параметров алгоритма классификации можно учитывать факт того, что параметры системы меняются последовательно, то есть чем ближе моменты классификации, тем больше вероятность, что техническая система находилась в одном и том же состоянии. В таком случае важно выделить те параметры, которые являются причиной

смены состояния системы. Таким образом, алгоритм классификации, использующий исключительно параметры с выраженной динамикой, будет содержать ограниченный набор параметров, тем самым являться энергоэффективным.

Для идентификации параметров с выраженной динамикой рассмотрим алгоритм классификации при помощи бинарного дерева решений [3]. В данном алгоритме смена состояния означает, что один или несколько параметров системы изменились относительно предикатов. Примем, что данные параметры необходимы для алгоритма классификации, а остальные параметры статичны, так как их значения не повлияли на процесс классификации.

Для определения параметров, которые послужили сменой состояния системы, рассмотрим предикаты бинарного дерева решений. Предикаты формируются в момент построения дерева. Имея информацию о наборе предикатов, можно принять локальные решения о важности конкретного параметра при классификации состояния: если параметр изменил свое расположение относительно предикатов дерева, следовательно, он может быть причиной смены состояния системы, иначе, значение параметра можно принять как неизменным [4].

В результате представленный алгоритм позволяет классифицировать объект в динамике на основе предыдущей классификации и наличия параметров, которые могут послужить причиной смены состояния системы. Алгоритм классификации состоит из двух этапов: 1) локальное принятие решения о возможности смены состояния системы для каждого параметра; 2) принятие решения о неизменности состояния системы с прошлой классификации или проведение классификации с учетом новых параметров. В качестве модели классификации используется «дерево решений», после обучения которой для каждого параметра формируется список предикатов. Данный набор предикатов разбивает множество возможных значений параметров на диапазоны. Если значение параметра меняется в рамках единого диапазона, то данный параметр не является причиной смены состояния системы, иначе, данный параметр необходимо учесть при новой классификации.

Библиографический список

1. Гайдес, М. А. Общая теория систем (системы и системный анализ) / М. А. Гайдес. – Винница : Глобус-пресс, 2005. – 201 с.
2. Галкин, П. В. Анализ энергопотребления узлов беспроводных сенсорных сетей / П. В. Галкин // ScienceRise. – 2014. – № 2(2). – С. 55 – 61.
3. Сравнительный анализ методов машинного обучения для решения задачи классификации документов научно-образовательного учреждения / М. Н. Краснянский, А. Д. Обухов, Е. М. Соломатина, А. А. Воякина // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2018. – № 3. – С. 173 – 182.
4. Юлдашев, М. Н. Энергоэффективный алгоритм передачи данных между элементами беспроводной сенсорной сети / М. Н. Юлдашев // Богатство России : сб. докл. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. – С. 110–111.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В КОМПОНЕНТАХ «ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ»

Е. Е. Яицкая, В. В. Леонидов

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия
(e-mail: yaitskaya-helen@yandex.ru)*

Успешная реализация концепции Интернет вещей (Internet of Things – IoT) подразумевает внедрение большого количества элементов беспроводных сенсорных сетей (БСС) [1]. БСС, состоящие из датчиков, контроллеров и средств передачи данных, должны потреблять минимальное количество энергии для увеличения срока службы источника питания (аккумуляторов, гальванических элементов, фотоэлементов и пр.). Основным потребителем электроэнергии в узлах систем IoT являются микроконтроллеры. Большинство контроллеров реализуются по технологии КМОП (CMOS), что характеризуется пропорциональностью потребляемой мощности и напряжения питания. Однако с уменьшением напряжения питания и размеров микросхемы возникают случайные флуктуации примесей (RFD – Random Fluctuated Dopants), что приводит к непостоянному пороговому напряжению. Так, при размерах технологического узла КМОП в 100 нм уменьшение величины рабочего напряжения возможно до 1 В [1, 2].

Решение данной проблемы может быть достигнуто за счет применения технологии КМОП с погруженным тонким слоем оксида (SOTB – Silicon On Thin Buriedoxide). SOTB структура обладает двумя основными свойствами: беспримесный канал, который снижает степень вариативности порогового напряжения и подавляет случайные флуктуации примеси, и задний боковой затвор, который снижает утечку тока при простое посредством увеличения порогового напряжения. Также с помощью технологии SOTB можно улучшить КМОП-структуры, благодаря созданию гибридной структуры SOTB/подложка [3].

Был проведен эксперимент с опытным образцом SOTB микроконтроллера при комнатной температуре. Параметры тестового образца: БМК 64 000 вентиляей (64 kGate), 32-битный центральный процессор (ЦП), 64 Кбайт SRAM, генератор тока смещения (VBBGEN). Ток простоя ЦП и SRAM при рабочем напряжении $V_{DD} = 0,75$ В снизился с 4,3 мкА до крайне низких потерь в 45 нА, при этом напряжение смещения (V_{BB}) уменьшилось с 0 В до $-1,5$ В. Таким образом, коэффициент уменьшения тока простоя для SOTB составил всего 1/100 благодаря переходу в область насыщения при напряжении смещения $V_{BB} = -1,5$ В. Максимальная частота работы (f_{max}) достигла 70 МГц при $V_{DD} = 0,75$ В и $V_{BB} = 0$ В, при $V_{DD} = 0,75$ В и $V_{BB} = -1,5$ В $f_{max} = 13$ МГц. Таким образом, представленный образец микроконтроллера способен хранить данные в SRAM при в режиме сна при минимальном токе простоя.

Можно выделить несколько способов применения технологии SOTB в реализации технологии Интернета вещей [4 – 6]:

- КМОП с очень низкими утечками (МК на основе SOTB с 1 Мбайт SRAM могут работать за счет энергособирающих устройств);
- стабильное удержание SRAM при работе на напряжении 0,1 В (ячейки SRAM, состоящие из самоподстраивающихся транзисторов хранят записанные в них данные даже при 0,1 В);

- энергонезависимая SRAM на базе сегнетоэлектриков HfO₂.
- связь между устройством и электрической цепью (усовершенствование стабильности SRAM посредством устройство/цепь-взаимодействия было предложено для самоподавления изменчивости готового устройства).

Подводя итог, устройства на основе интегральных микросхем, выполненных по технологии КМОП с погруженным тонким слоем оксида (SOTB), потребляют меньше энергии, чем основанные на чистом КМОП.

Отдельные результаты получены в рамках Госзадания № 0705-2020-0041 «Фундаментальные исследования методов цифровой трансформации компонентной базы микро- и наносистем».

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. – No. 8570062.
2. Modeling energy-efficient consumption at industrial enterprises / G. N. Todorov, E. E. Volkova, A. I. Vlasov, N. I. Nikitina // International Journal of Energy Economics and Policy. – 2019. – V. 9, № 2. – P. 10 – 18.
3. Takumi Hasegawa, Yoshiki Yamamoto, Hideki Makiyama, Hiroki Shinkawata, Shiro Kamohara and Yasuo Yamaguchi: SOTB (Silicon on Thin Buried Oxide): More than Moore technology for IoT and Automotive // 2017 IEEE International Conference on IC Design and Technology (ICICDT). – 2017.
4. Ultra-Low Power and Ultra-Low Voltage Devices and Circuits for IoT Applications / T. Hiramoto, K. Takeuchi, T. Mizutani et al. // 2016 IEEE Silicon Nanoelectronics Workshop (SNW). – 2016.
5. Демин, А. А. Сравнительный анализ методов позиционирования внутри здания / А. А. Демин, Д. П. Трошина, А. Маковой // Технологии инженерных и информационных систем. – 2020. – № 2. – С. 50 – 63.
6. Sustainable energy systems in the digital economy: concept of smart machines / V. A. Shakhnov, S. S. Filin, A. I. Krivoshein, A. I. Vlasov // Entrepreneurship and Sustainability Issues. – 2019. – Т. 6, No. 4. – С. 1975 – 1986.
7. Industry 4.0 Visual Tools for Digital Twin System Design / V. A. Shakhnov, A. E. Kurnosenko, A. A., Demin, A. I. Vlasov // Advances in Intelligent Systems and Computing this link is disabled. – 2020. – 1295. – P. 864 – 875.

РАЗРАБОТКА ЭЖЕКТОРА ДЛЯ ПОДАЧИ ДУТЬЯ

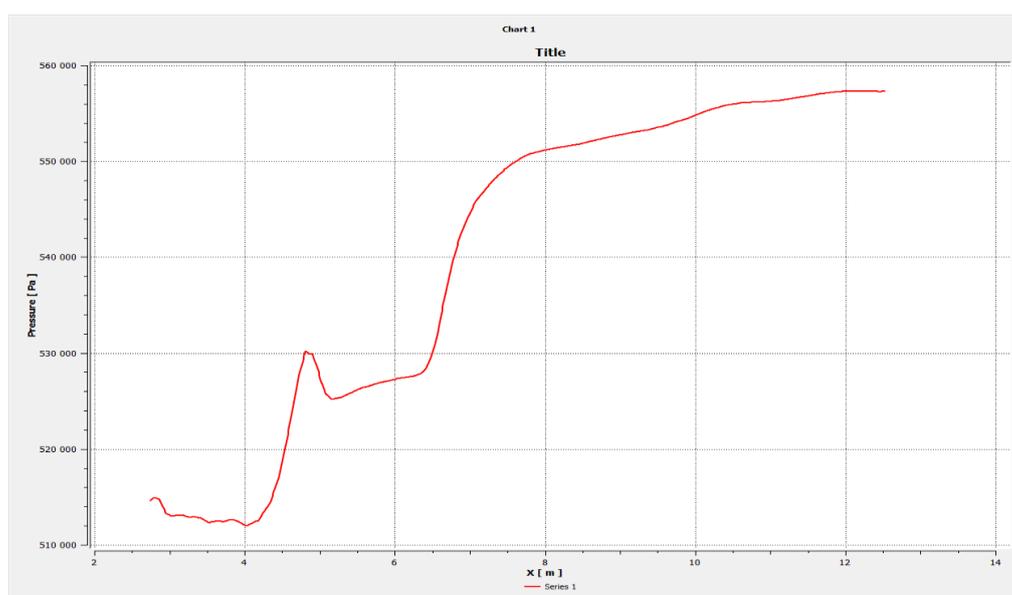
М. А. Бавыкин, В. Я. Губарев

Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия
(e-mail: bavykin.mikhail@yandex.ru, gv_lipetsk@rambler.ru)

В некоторых случаях на металлургических предприятиях требуется объединение потоков доменного дутья при разных условиях давления на потребителя. Одним из вариантов реализации данного процесса является использование эжектора. Рассмотрим подачу дутья к двум доменным печам от двух воздуходувок.

Моделирование проводится при условии, что происходит смешивание двух потоков. Для предварительного определения характерных размеров сопла, диффузора и зоны смешения, используем известную методику расчета эжектора [3]. В результате данного расчета была определена скорость на выходе из эжектирующего сопла и скорости потоков, на основании которых были предварительно рассчитаны необходимые характерные размеры.

Проведя дополнительные расчеты были подобраны оптимальные характерные размеры компонентов эжектора, при которых удается стабилизировать поток газа и практически полностью исключить деформацию потока относительно оси. Как видно из графиков (рис. 1), для поддержания давления на выходе из эжектора в 5,5 атмосфер необходимо в зоне смешения поддерживать давление в 5,1...5,15 атмосфер. Кроме того, для осуществления стабилизированного течения на входе в сопло необходимо обеспечивать давление в 6,4 атмосферы.

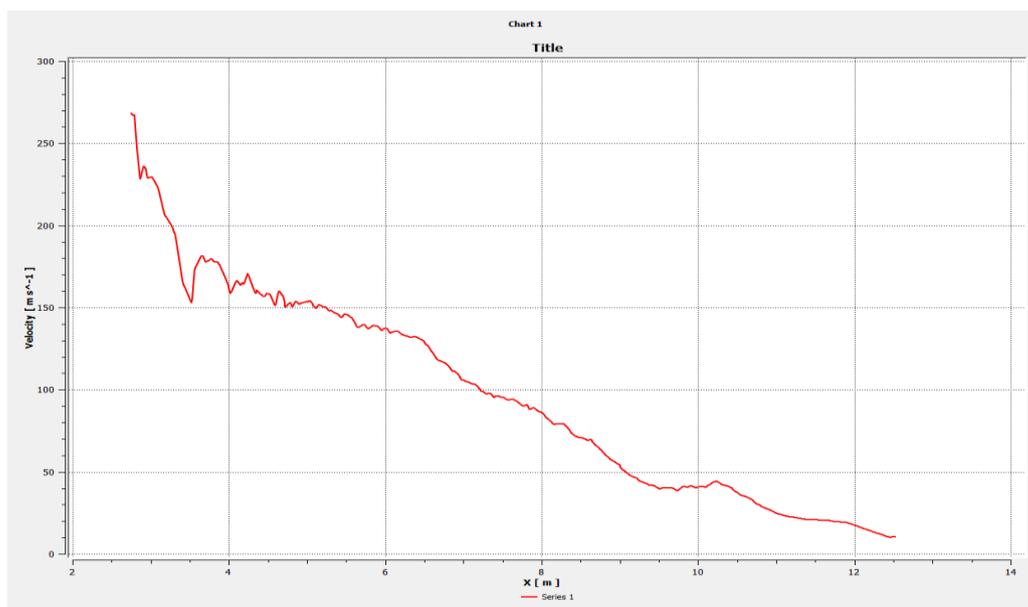


а)

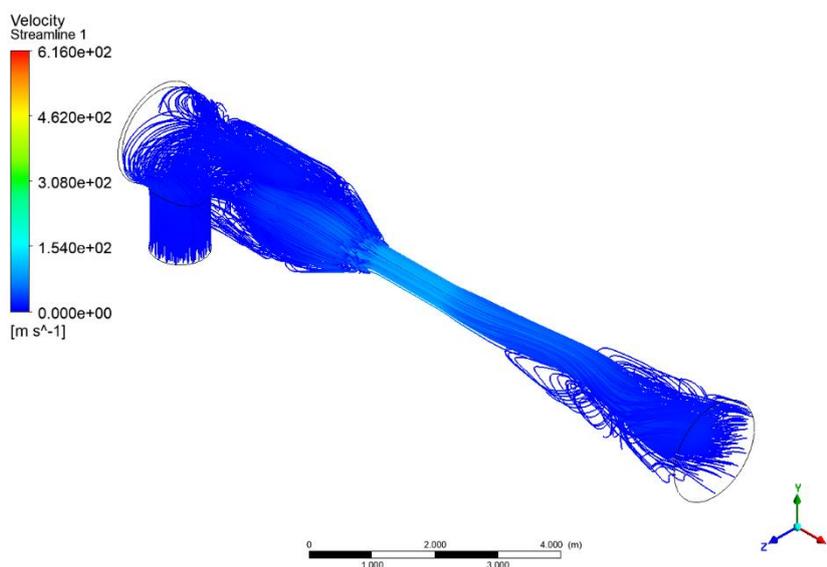
Рис. 1. Результаты моделирования:

а – график распределения давления по оси эжектирующего потока;

б – график распределения скорости по оси эжектора; в – визуализация потока



б)



в)

Рис. 1. Окончание

В результате данной работы была разработана модель эжектора, позволяющая наглядно проследить изменение параметров рабочего тела во время работы устройства. Были подобраны геометрические параметры компонентов эжектора, обеспечивающие стабилизацию потока воздуха и позволяющие поддерживать требуемое давление рабочего тела на выходе из устройства.

Библиографический список

1. Зиганшин, А. М. Вычислительная гидродинамика. Постановка и решение задач в процессоре Fluent / А. М. Зиганшин. – Казань : КГАСУ, 2013.
2. Соколов, Е. Я. Струйные аппараты / Е. Я. Соколов, Н. М. Зингер. – М. : Энергия. 1970.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СВОБОДНОЙ КОНВЕКЦИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОТДАЧИ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ТРУБЫ

С. А. Воеводкин, А. А. Дурнов, А. А. Балашов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: voevodkin1998@mail.ru, dontpobeda@yandex.ru, balashovalexei@yandex.ru)

Целью моделирования является создание виртуальной модели исследования выходящих параметров для снижения погрешностей измерения.

Для начала моделирования выстраиваем геометрию задачи, исходя из размеров установки в программе Elcut [1]. Следует отметить, что модель задается симметричной относительно вертикальной оси. Диаметр наружной трубы 25 мм, толщина стенок 1 мм, диаметр внутренней трубы 18 мм, толщина стенок внутренней трубы 1 мм. Длина труб 1020 мм. Трубы изготовлены из меди. С двух сторон, для снижения влияния концевых эффектов установлены заглушки из текстолита, длиной по 30 мм (рис. 1).

Создав модель и решив ее, программа Elcut выводит нам информацию о распределении температуры внутри модели (рис. 2).



Рис 1. Построение геометрии задачи

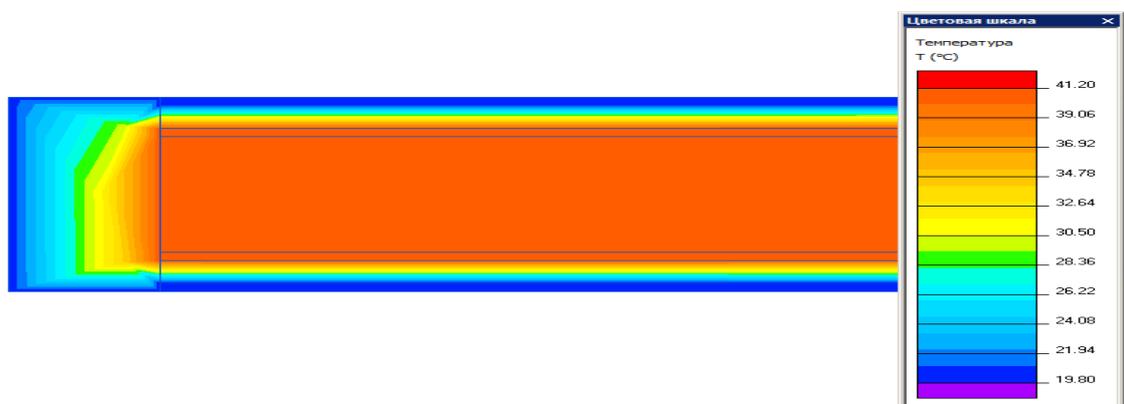


Рис. 2 Распределение температуры при заданных граничных условиях

Таким образом, создание виртуальной модели дает наглядное представление о распределении тепловой энергии внутри установки, а также информацию о температуре в любой точке. Задаваясь необходимой мощностью теплового потока, мы исследовали процессы,

происходящие в установке, что позволяет, в перспективе, быстрее и точнее разработать комплекс мер по повышению точности измерения коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции от горизонтальной трубы.

Библиографический список

1. ELCUT: Моделирование двумерных полей методом конечных элементов. Версия 6.5.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДАЛЬНОЙ НАВИГАЦИИ

А. С. Демьяненко, А. Г. Ивануткин, М. В. Уткявичюс

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия
(e-mail: GlebAlexandrovichDem@gmail.com, mazurova83@mail.ru 1)*

Решение задачи навигационного обеспечения применения авиационных комплексов в сложной помеховой обстановке возможно путем применения разностно-дальномерных импульсно-фазовых радиотехнических систем дальней навигации.

Первая радиотехническая система дальней навигации на территории бывшего СССР была создана и принята в эксплуатацию в составе ВВС в начале 70-тых годов прошлого века [1]. Поэтому сроки эксплуатации систем дальней навигации в среднем составляют 50 – 60 лет.

Используемая элементная база в основном является продуктом советского производства, и в эксплуатируемых образцах вооружения стоят морально и физически устаревшие элементы, выпуск которых промышленностью прекращен. Также, эксплуатация средств станции велась в сложных условиях спада промышленного и экономического развития страны в прошлом веке. В этих условиях, которые сложно назвать оптимальными, станции дальней радионавигации выработали установленный руководящими документами ресурс. Для восстановления работоспособности в этих условиях использовались ресурсы (комплекты ЗИП), созданные в советское время. Таким образом, ЗИП станций на сегодняшний день израсходован на 80...90%.

Поэтому, в современных условиях, в целях поддержания готовности станций дальней радионавигации к выполнению задач по предназначению, необходимо осуществить их модернизацию или перевооружение.

В соответствии с «Радионавигационным планом Российской Федерации на 2019 – 2024 гг.» от 4 сентября 2019 г. № 3296, утвержденного приказом Минпромторга России, запланирована работа по перевооружению мобильных систем дальней навигации на современные информационные системы координатно-временного обеспечения авиации Вооруженных сил оперативно-тактического назначения «СКОРПИОН» [3]. Также, планируется модернизация стационарных систем дальней навигации, которая позволит восстановить израсходованный ресурс и продлить их жизненный цикл.

Однако до момента модернизации стационарных систем дальней навигации, для снятия остроты проблемы их эксплуатации, возможно использование запчастей, снятых со списанных мобильных станций дальней навигации. Для законности данных действий необходимо произвести списание мобильных станций установленным порядком. В качестве основного и обязательного этапа должен быть проведен процесс демонтажа и дефектации элементов, сохранивших ресурс. Демонтаж и дефектацию списанных изделий должны производить специалисты, имеющие разрешительные документы на данный вид деятельности. Отобранные изделия подлежат учету и внесению в базу данных нестандартного оборудования.

Снабжения стационарных станций дальней навигации нестандартным оборудованием производится в соответствии с «Положением об обеспечении станций радиотехнических систем дальней навигации нестандартным оборудованием и отдельными видами радиоизделий», утвержденным приказом главнокомандующего ВВС от 2002 г. № 97 через пункт управления (и контроля системы радиотехнического обеспечения полетов авиации Вооруженных Сил). Составляется отчет-заявка, где указывается израсходованный и необходимый к пополнению ЗИП. Отчет-заявки представляются на пункт управления, где обобщаются, производится выборка ЗИП полученного в результате демонтажа и дефектовки списанных изделий. Готовится обобщенная заявка и выписываются наряды на получение ЗИП.

Таким образом, использование полученных элементов позволит временно поддерживать готовность систем дальней навигации к использованию по назначению и не допустить некачественной работы.

Библиографический список

1. Прусов, М. Н. Оборудование и эксплуатация мобильной радионавигационной станции дальней радионавигации : учебное пособие / М. Н. Прусов. – М. : Воениздат, 1990. – С. 21 – 35.
2. Резниченко, Л. В. Радиотехнические системы дальней навигации : учебник / Л. В. Резниченко. – М. : Воениздат, 1975. – 219 с.
3. Об утверждении Федеральных авиационных правил «Радионавигационным планом Российской Федерации на 2019 – 2024 гг.» : Приказ Минпромторга России № 3296 от 4 сентября 2019 г. – М. : Минпромторг России, 2019. – 33 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

А. А. Дурнов, С. А. Воеводкин, А. А. Балашов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

Целью статьи является создание виртуальной модели для определения коэффициента теплопроводности твердых тел методом трубы в программе Elcut, методом конечных элементов.

Для начала моделирования выстраиваем геометрию задачи, исходя из размеров установки в программе Elcut [1]. Следует отметить, что модель задается симметричной относительно вертикальной оси. Диаметр наружной трубы 39 мм, толщина стенок 3 мм, диаметр внутренней трубы 18 мм, толщина стенок внутренней трубы 2 мм. Длина труб 960 мм. Трубы

изготовлены из меди. С двух сторон для снижения влияния концевого эффекта установлены заглушки из текстолита, длиной по 30 мм (рис. 1).

Далее задаем параметры граничных условий на каждой метке ребра: внешние поверхности, внутренние поверхности, источник тепла, ось симметрии.



Рис. 1. Построение геометрии задачи

Создав модель и решив ее, программа Elcut выводит нам информацию о распределении температуры внутри модели (рис. 2).

Таким образом, построение виртуальной модели дает наглядное представление о распределении тепловой энергии внутри установки, а также информацию о температуре в любой точке.

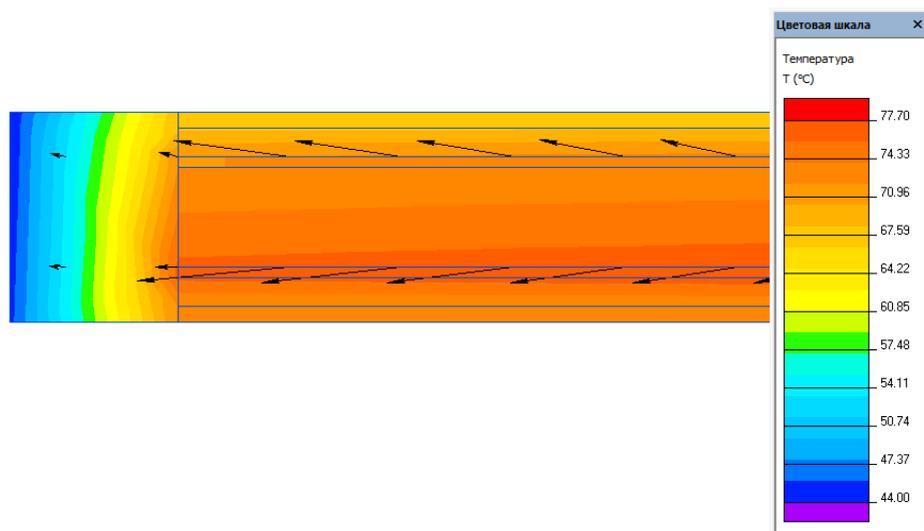


Рис. 2. Распределение температуры

Задаваясь необходимой мощностью теплового потока, мы можем исследовать процессы, происходящие с исследуемым твердым телом, что позволит разработать комплекс мер по повышению точности измерения коэффициента теплопроводности твердого тела.

Библиографический список

1. ELCUT Версия 6.5. Руководство пользователя. – URL : https://elcut.ru/downloads/manual_r.pdf (дата обращения: 03.10.2021).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ ИОНИЗИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ АТОМОВ В ПЛАМЕНИ

В. В. Еремин, С. Н. Баршутин

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: vaduha2010@mail.ru)*

Повышение степени ионизации пламени является актуальной задачей в современной энергетике. Ведь благодаря этому пламя становится наиболее управляемым, благодаря чему повышается эффективность горения, а также появляется возможность регулирования скорости сгорания. Одним из параметров, влияющих на степень ионизации пламени, является время жизни ионизационного состояния, для исследования которой рассмотрим процесс ионизации электронным ударом.

Так как радиус электрона несоизмерим с радиусом иона, то сечение взаимодействия электрона с ионом можно считать как площадь проекции иона на плоскость.

Тогда сечение взаимодействия будет определяться:

$$\sigma_e = \pi \cdot r^2,$$

Для определения вероятности взаимодействия электрона с ионом необходимо рассмотреть следующую схему (рис. 1).

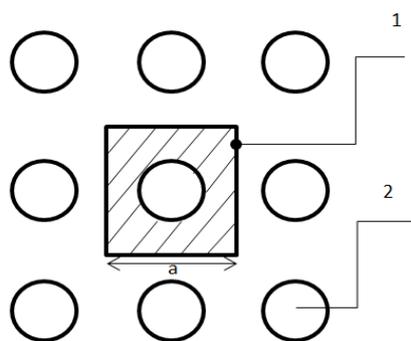


Рис. 1. Взаимодействие электрона с ионом:

1 – область действия иона; 2 – положение ионов в пространстве

Анализ схемы позволил определить положение точек (2) в пространстве, принадлежащие рассматриваемому атому.

Определим среднее расстояние между атомами по формуле:

$$a = \sqrt[3]{\frac{R \cdot T / p}{n_i}} = \sqrt[3]{\frac{R \cdot T}{p \cdot n_i}},$$

где n_i – количество ионизированных ионов в одном моле вещества; R – универсальная газовая постоянная; T – температура; p – давление газа.

Для определения средней длины пробега электрона до столкновения, примем, что событие происходит с вероятностью 0,5. Тогда возможно определить количество слоев атомов, через которые пройдет электрон. Для этого воспользуемся формулой Бернулли:

$$p_n(k) = C_n^k \cdot p^k \cdot q^{n-k},$$

где $q = (1 - p)$ – вероятность «неудачи»; C_n^k – число сочетаний n элементов по k .

Для нашего случая формулу можно преобразовать к следующему виду:

$$p_{0,5} = (1 - p_a)^n.$$

Определим число проходов между слоями атомов:

$$n = \log_{(1-p_a)}(1 - p_{0,5}),$$

в результате определим среднюю длину пробега λ_{cp} :

$$\lambda_{cp} = n \cdot a = \left(\log_{\frac{\pi \cdot r^2}{\sqrt[3]{\frac{RT}{p \cdot n_i}}}}(1 - p_{0,5}) \right) \cdot \left(\sqrt[3]{\frac{R \cdot T}{p \cdot n_i}} \right).$$

Исходя из этого мы можем определить время жизни электрона. Учитывая, что тепловая энергия электрона в среднем представляет собой кинетическую $E_t = E_k$, то скорость будет равна:

$$v = \sqrt{\frac{3 \cdot k \cdot T}{m}}.$$

В итоге время жизни электрона будет определяться по следующему соотношению:

$$t_{жс} = \frac{\lambda_{cp}}{\sqrt{\frac{3 \cdot k \cdot T}{m}}}.$$

Таким образом, была разработана модель воздействия температуры и степени ионизации на время жизни ионизированного состояния атома, которая позволит исследовать данный параметр в различных технологических режимах.

Библиографический список

1. Баршутин, С. Н. Определение вероятности ионизации нейтральной частицы при столкновении с электроном под действием электрического поля / С. Н. Баршутин, А. П. Илясов, Э. А. Мешкова // Цифровая трансформация в энергетике : материалы Всерос. науч. конф. – Тамбовский государственный технический университет. – 2020. – С. 48 – 50.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ИОНИЗАЦИИ ПЛАМЕНИ В ИМПУЛЬСНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

В. В. Еремин, С. Н. Баршутин

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: vaduha2010@mail.ru)*

Использование процессов горения остается основным источником получения энергии в современном мире. Отсюда следует, что остаются актуальными усилия, направленные на оптимизацию процесса горения, с целью повышения к.п.д. энергетических агрегатов и снижения количества вредных выбросов в продуктах сгорания. Одним из таких способов является

ионизация пламени в электрическом поле, благодаря чему процесс горения станет наиболее управляемым, и как следствие – экономичнее и безопаснее.

Ионизация полем (полевая ионизация) – это процесс ионизации атомов и молекул газа в сильных электрических полях. При включении электрического поля напряженностью E к начальной потенциальной энергии электрона $V(x)$, находящегося в точке, добавляется потенциальная энергия, где e – заряд электрона. Вследствие этого потенциальная яма становится асимметричной: с одной ее стороны образуется потенциальный барьер конечной ширины, сквозь который электрон может «просочиться», т.е. будет иметь место туннельный эффект и будет возможна ионизация с нижнего (основного) уровня атома.

Кроме этого механизма ионизации под воздействием электрического поля существует механизм ударной ионизации.

На электрон в электрическом поле действует сила F_k , придающая соответствующее ускорение:

$$E = \frac{\sqrt{2 \cdot m_e \cdot E_i}}{e \cdot t}, \quad a_e = \frac{E \cdot e}{m_e},$$

где E – напряженность электрического поля; e – заряд электрона; m_e – масса электрона.

С другой стороны, для успешной ионизации молекулы газа электрон должен обладать энергией, превышающей энергию ионизации соответствующего атома или молекулы E_i .

Для достижения электроном соответствующей энергии он должен в электрическом поле достичь скорости соответствующей $v_{кр}$

$$v_{кр} = \sqrt{\frac{2 \cdot E_i}{m_e}}.$$

А учитывая, что электрон движется под воздействием электрического поля по вышепредставленной закономерности, то связь между напряженностью электрического поля, временем воздействия и энергией ионизации молекул газа устанавливает следующее соотношение:

$$E = \frac{\sqrt{2 \cdot m_e \cdot E_i}}{e \cdot t}$$

Однако, при движении электрона в условиях газа он на своем пути будет встречать нейтральные молекулы, которые будут мешать набирать необходимую для ионизации энергию. Тогда путь, пройденный до столкновения, будем называть длиной свободного пробега $\lambda_{ср}$.

При этом для ударной ионизации необходимо, чтобы на средней длине свободного пробега электрон набрал энергию, позволяющую при столкновении его с нейтральной молекулой осуществить ионизацию последней. Исходя из ускоренного движения электрона в электрическом поле получим, что время на преодоление длины свободного пробега $\lambda_{ср}$ будет иметь вид:

$$t = \frac{\sqrt{2 \cdot m_e \cdot E_i}}{e \cdot E}.$$

Тогда связь $\lambda_{ср}$ с напряженностью электрического поля будет иметь вид:

$$E = \frac{E_i}{e \cdot \lambda_{ср}}.$$

При этом для достижения условий ионизации молекул газа напряженность поля должна быть не меньше величины по полученному выше соотношению.

В итоге находим время воздействия поля для одноэтапной ионизации:

$$t = \lambda_{cp} \sqrt{\frac{2 \cdot m_a}{E_i}}.$$

Таким образом, полученные соотношения позволяют для различных газов с известной энергией ионизации определить динамические параметры импульсного электрического поля.

Библиографический список

1. Баршутин, С. Н. Исследование влияния длительности импульсов напряжения электрического поля на ионизацию пламени / С. Н. Баршутин, А. П. Илясов // Энергетика. Проблемы и перспективы развития : материалы IV Всерос. молодежной науч. конф. Тамбовский государственный технический университет. – 2019. – С. 13–14.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ЖИДКОСТНОКОЛЬЦЕВЫХ ВАКУУМ-НАСОСОВ И КОМПРЕССОРОВ ПРИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В КОНВЕКТИВНОЙ СУШКЕ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

М. А. С. Махмуд, Ю. В. Родионов, Д. В. Никитин

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: Mr.mohammedali1993@gmail.com)*

Жидкостнокольцевые вакуум-насосы (ЖВН) представляют собой машины прямого вытеснения, которые могут работать как вакуумный насос и компрессор. Эти машины обеспечивают вакуум в различных промышленных применениях, таких как химическая промышленность, энергетика, экология, пищевая, морская, горнодобывающая, нефтегазовая, фармацевтическая и др. ЖВН подходит для сушки различных материалов, таких как растительное сырье, полимеры и др. Основными преимуществами этих машин являются высокая надежность, долговечность, простота конструкции, высокая производительность, низкая стоимость, стабильность вакуума, соответствие экологическим требованиям. Несмотря на эти преимущества, их эффективность невысока, ограничивается 50% [1].

ЖВН имеет возможность регулировать процесс сжатия выхлопных газов, поскольку в этих насосах жидкостное кольцо действует как гидравлический поршень и контактирует с перекачиваемым газом. Этот процесс вызывает дополнительное сжатие газа из-за процессов тепломассопереноса, которые происходят вместе с процессом сжатия. При этом изменяются температура и расход рабочей жидкости и откачиваемого газа, и 90% энергии, затрачиваемой на преодоление силы трения между вращающимся кольцом и стенками корпуса насоса, преобразуется в тепло [2].

В процессе конвективной вакуум-импульсной сушки (КВИС) материалов на второй ступени (рис. 1) регулирование теплообмена в сушилке играет важную роль в эффективности процесса сушки. Горячий воздух на стороне всасывания ЖВН после сушилки влияет на производительность этих машин. Чрезмерный нагрев сократит срок службы оборудования и увеличит энергетических затрат.

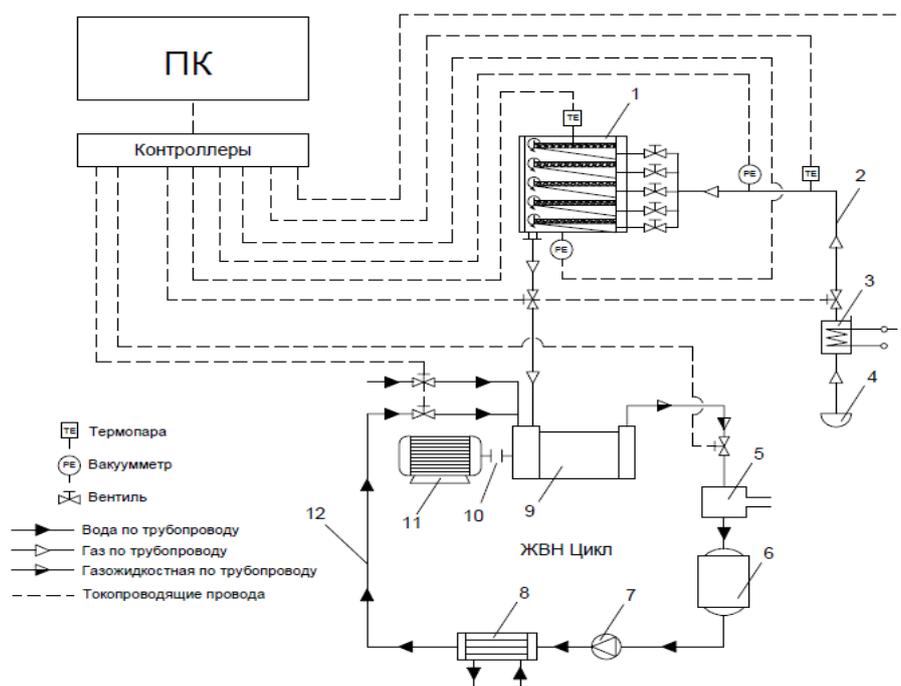


Рис. 1. Технологическая схема конвективной вакуумно-импульсной сушильной установки:
 1 – сушильный шкаф; 2, 12 – трубопроводы; 3 – калорифер; 4 – воздуходувка;
 5 – разделитель газовой и жидкой фаз; 6 – емкость; 7 – водяной насос; 8 – теплообменник;
 9 – ЖВН; 10 – муфта; 11 – электродвигатель

Таким образом, исследование процессов тепло- и массообмена в рабочей полости ЖВН и сушильной установке является актуальной задачей для достижения высокого КПД.

Библиографический список

1. Karlsen-Davies, N. D. Regenerative liquid ring pumps review and advances on design and performance / N. D Karlsen-Davies, G. A. Aggidis // *Applied Energy*. – 2016. – V. 164. – P. 815 – 825.
2. Influence of heat and mass exchange in a liquid ring vacuum pump on its working characteristics / Ё. V. Osipov et al. // *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. – 2019. – V. 92. – No. 4. – P. 1055 – 1063.

МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ИОНОВ ПЛАМЕНИ С НЕЙТРАЛЬНОЙ КОМПОНЕНТОЙ

Э. А. Мешкова, С. Н. Баршутин, М. С. Мещерякова

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
 (e-mail: elvira.meshkova672@mail.ru)*

Наличие в пламени заряженных частиц говорит о том, что процессы горения можно подвергнуть влиянию электрического поля.

Для оценки воздействия на процесс горения рассмотрим физико-математическую модель взаимодействия ионов пламени с его нейтральной компонентой. При этом могут быть

определены изменения каких-либо характеристик горения в зависимости от напряженности приложенного поля. В пример таких характеристик горения относятся: температура пламени, нормальная скорость горения и распространения пламени, концентрация ионов и электронов в пламени и т.д.

Для упрощения взаимодействия молекул с ионом будем рассматривать прямое столкновение молекул, которое описывается следующей схемой, представленной на рис. 1.

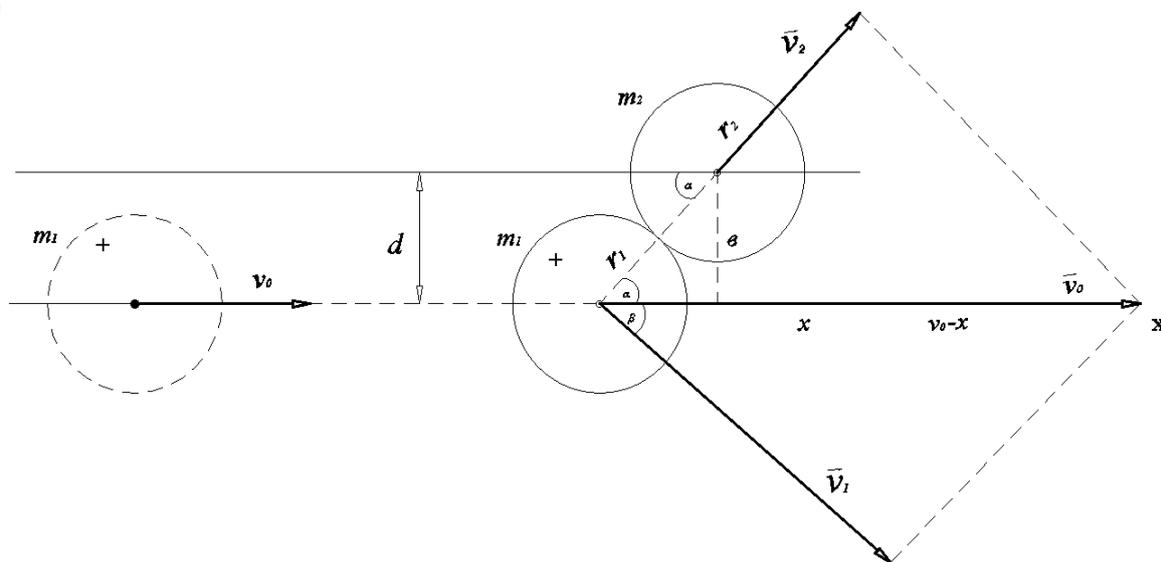


Рис. 1. Схема взаимодействия нейтрального атома с ионом:

m_1 – масса положительного иона; m_2 – масса нейтрального атома;

r_1, r_2 – радиусы иона и атома; v_1, v_2 – скорости атома и иона;

e – радиус площади сечения взаимодействия; x – ось проекции; d – расстояние между линией движения атома и иона; v_0 – начальная скорость движения иона

На основе законов механики математически можно описать поведение нейтрального атома и положительного иона, столкновение которых друг с другом можно считать упругим.

После нецентрального упругого соударения иона и атома, векторы скоростей направлены перпендикулярно друг к другу.

Применим закон сохранения импульса в векторном виде с учетом равенства масс, которое обозначает, что векторы скоростей образуют треугольник:

$$\vec{v}_0 = \vec{v}_1 + \vec{v}_2. \quad (1)$$

По закону сохранения энергии при равных массах, которое показывает справедливость применения теоремы Пифагора для этого треугольника:

$$v_0^2 = v_1^2 + v_2^2. \quad (2)$$

Угол отклонения вектора скорости положительного иона после столкновения можно определить по формуле:

$$\alpha = 90 - \beta. \quad (3)$$

Расстояние d , это расстояние между линией движения иона и атома, определяется по формуле:

$$d = (r_1 + r_2) \cos \alpha. \quad (4)$$

Скорость иона после столкновения:

$$v_1 = v_0 \cdot \sin(90 - \alpha) = v_0 \cdot \cos \alpha . \quad (5)$$

Скорость нейтрального атома после столкновения:

$$v_2 = v_0 \cdot \sin \alpha = v_0 \cdot \left(1 - \frac{d}{r_1 + r_2}\right) . \quad (6)$$

Исходя из формул и структуры при повышении значения d до значений r_1, r_2 , нейтральный атом изменит свою скорость от v_0 (начальная скорость иона) до 0 в направлении положения электрического поля.

Анализ данной структуры показал, что средняя скорость, отдаваемая ионом, станет равна половине v_0 .

После первого столкновения v_2 так же будет иметь скорость, равную $\frac{v_0}{2}$.

Таким образом, через управление скоростью ионов возможно управлять направлением и скоростью всего потока пламени.

Библиографический список

1. Лесков, И. А. Электромагнитное и акустическое воздействие на распространение пламени / И. А. Лесков, В. М. Троценко, Н. В. Беспалов. – Омск : Омский государственный технический университет. – 2014. – 105 с.
2. Малиновский, А. Э. О влиянии электрического поля на процессы горения в газах / А. Э. Малиновский, Ф. А. Лавров. – М. : ЖФХ. – 1931. – 534 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ

А. И. Огурцова, В. А. Стерлигов

*Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия
(e-mail: asyaogurtsovaa@gmail.com)*

В работе для трубопроводов тепловой сети при канальной и бесканальной прокладке рассчитано распределение температуры в грунте и построены графики температурных полей рис.1 и рис.2. Выполнено сравнение полученных результатов. Предлагается тепловые потери в трубопроводах сетей использовать для решения некоторых коммунальных задач.

Тепловая сеть – одна из инженерных систем, прокладываемых преимущественно в грунте. Большая протяженность тепловых сетей влияет на эффективность использования энергии и на работу централизованных систем теплоснабжения.

При прокладке теплопроводов подземно-тепловые потоки от поверхности труб направлены в грунт, к поверхности земли и далее в атмосферу. Теплота, теряемая теплопроводами, нагревает грунт, оказывая неблагоприятное влияние на растительный покров в области распространения высоких температур. Деревья, трава, кустарники, находящиеся рядом с трубопроводом, с течением времени погибают из-за тепловых воздействий, оказываемых на корневую систему.

Для определения распространения теплового потока в грунте проведены расчеты температурных полей, создаваемых трубопроводами различного диаметра. На рисунках 1 и 2 показаны температурные поля трубопроводов диаметром $D_{\text{в}}325$ с ППУ изоляцией 60 мм. В расчетах принято, что температура в подающем трубопроводе $75\text{ }^{\circ}\text{C}$, в обратном $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура грунта $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. При глубине заложения труб h и расстоянии между осями трубопроводов b рассмотрены два основных способа подземной прокладки трубопроводов – канальный и бесканальный. Конструктивные особенности и технологические условия работы трубопроводов одинаковые.

Расчет теплопотерь многотрубных теплопроводов выполнен по известной методике [1]. По распределению температуры построены поля вокруг двухтрубного теплопровода в грунте при бесканальной прокладке и канальной.

Анализ полученных рисунков показывает, что при канальной прокладке температура грунта на поверхности составляет до $8,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, распределение температуры вдоль 1 м от оси подающего трубопровода на уровне заложения h происходит от 25 до $8,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, в то время как при бесканальной прокладке эти показатели равны $18,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ и от 30 до $10,8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Таким образом получено, что канальная прокладка сокращает тепловые потери и препятствует распространению температур в грунте.

При неизбежности тепловых потерь для любых типов прокладок с целью повышения эффективности использования тепловой энергии предлагается тепловыми потерями решать некоторые коммунальные задачи. Одной из них является необходимость учета температурного поля для озеленения территории нового строительства.

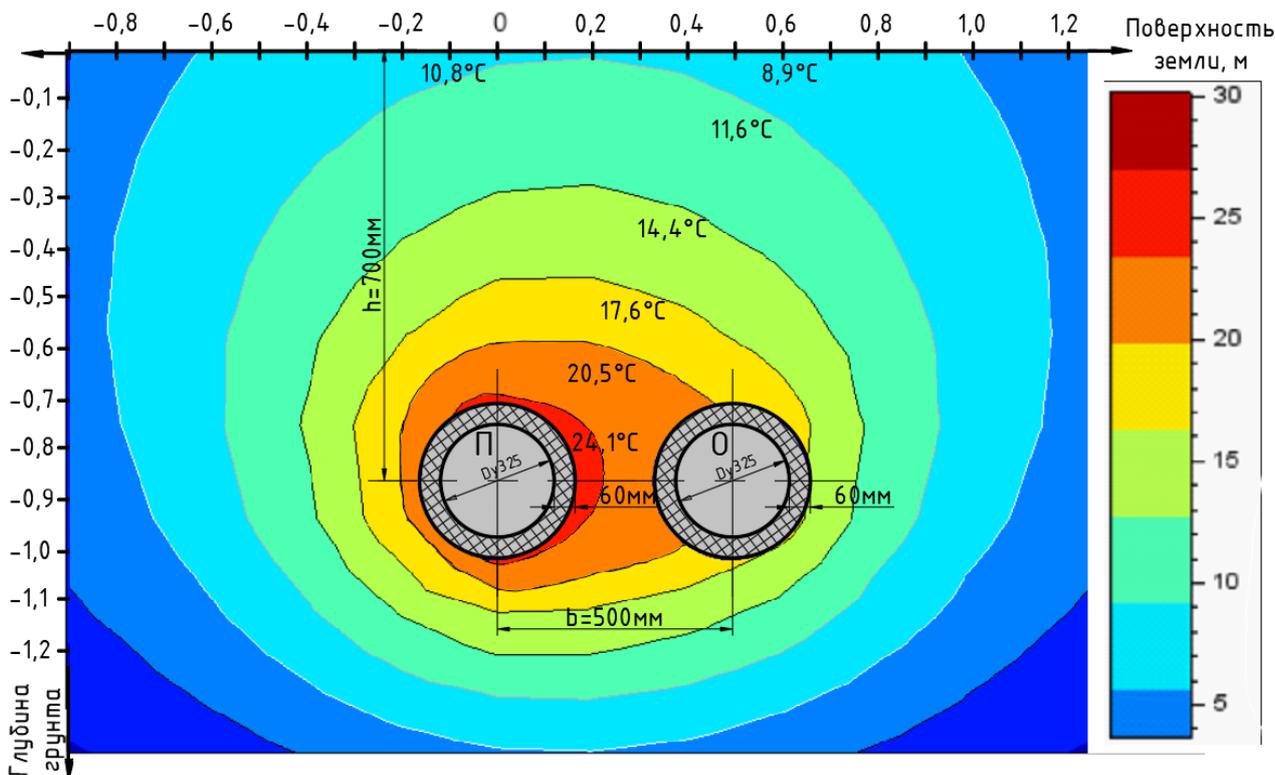


Рис. 1. Температурное поле при бесканальной прокладке трубопроводов

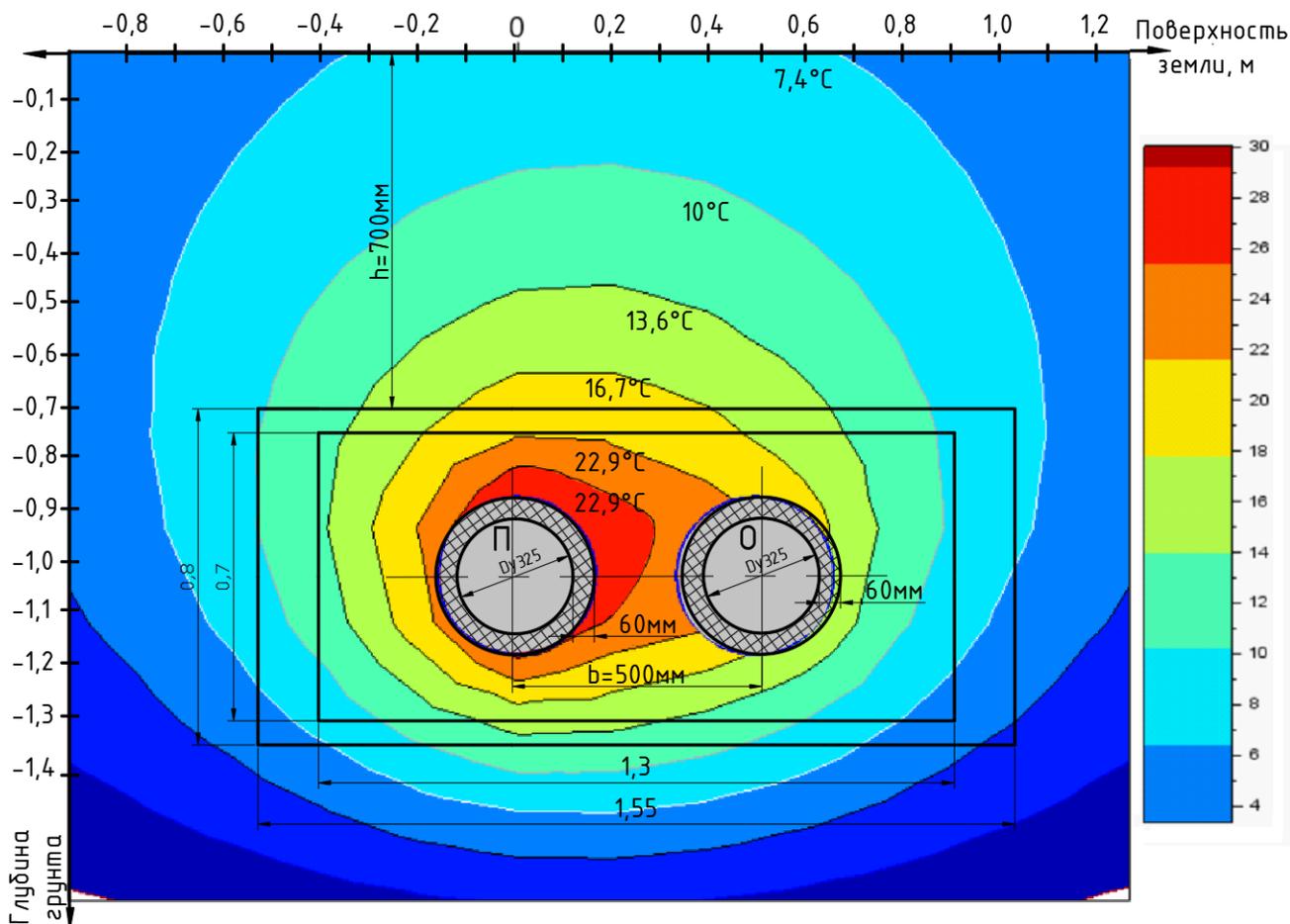


Рис. 2. Температурное поле при канальной прокладке трубопроводов

Библиографический список

1. Теплоснабжение : учебник для вузов / А. А. Ионин, Б. М. Хлыбов и др. ; под ред. А. А. Ионина. – М. : Стройиздат, 1982. – 336 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЖЕКТОРА СМЕШЕНИЯ ПОТОКОВ ДОМЕННОГО ДУТЬЯ

В. Е. Папин, В. Я. Губарев

Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

После завершения строительства блока № 4 цеха УТЭЦ ПАО «НЛМК», который включает в себя кроме прочего турбовоздуховный агрегат (ТВД) в составе паровой турбины SST-600 и турбокомпрессора STC-SX (450-16), доменная печь № 7 (ДП-7) обеспечивается дутьем от вновь запущенной ТВД, себестоимость которого ниже, чем дутья электровоздуходувки (ЭВД). При этом основным недостатком данной схемы является работа ТВД на параметрах ниже номинальных (номинальный расход 9000 нм³/мин) при том, что в то же время доменная печь № 6 (ДП-6) обеспечивается дутьем от ЭВД. Актуальной является задача использования потенциала выработки дутья ТВД на нужды ДП-6 и организации подачи доменного дутья одновременно от ТВД и ЭВД.

Главной проблемой в этом случае является обеспечение ДП-6 дутьем от ТВД тогда, когда требуемое давление по режиму плавки ДП-6 выше, чем ДП-7. Одним из вариантов решения данной проблемы является использование газового эжектора, который будет установлен на трубопровод холодного дутья ДП-6, и обеспечит смешение потоков с разными давлениями [1]. Задачей данной работы являлось определение требуемых параметров подачи доменного дутья в зависимости от режимов работы ДЦ-2, определение оптимальных геометрических размеров струйного аппарата из условия обеспечения его работы при самых неблагоприятных условиях, исследование характеристик его работы при изменяющихся давлениях как на ДП-6, так и на ДП-7.

Анализ работы ДП-6 и ДП-7 за период с 01.06.2020 г. По 01.06.2021 г. показал, что имеют место значительные колебания давления доменного дутья на кауперах ДП-6 и ДП-7 на протяжении года, определяемые режимами работы доменных печей. Средний расход доменного дутья за рассматриваемый период составил порядка 7000 нм³/мин на ДП-7 и 6000 нм³/мин на ДП-6. Избыточное давление дутья менялось от минимального 4,11 бар до максимального 4,49 бар на ДП-7, и от 4,10 до 4,60 бар на ДП-6.

Таким образом, на основе имеющихся данных проводился предварительный расчет газового эжектора по методике Успенского–Кузнецова [2] для работы в самых неблагоприятных условиях (наименьшее давление дутья ДП-7, наибольшее ДП-6).

Размеры, полученные в ходе предварительного расчета, использовались для создания геометрической модели аппарата в программном комплексе Ansys Fluent, после чего на 3-мерную модель эжектора накладывалась расчетная сетка, состоящая из порядка 600 тысяч элементов, далее задавались имена границ расчетной области для задания на них граничных условий.

Выполнялся расчет смешения потоков газа в эжекторе. При этом давление эжектирующего потока на входе составило 676 871 Па, а давление эжектируемого 517 976. Данные отличались от предварительного расчета, что связано с некоторыми допущениями, принятыми в предварительном расчете и неточностью его методики применительно к малонапорным газовым эжекторам. Для нахождения оптимальных размеров проводилось моделирование работы устройства при поочередном изменении его основных геометрических характеристик, после чего были определены фактические оптимальные геометрические параметры агрегата. Давление эжектирующего потока на входе в этом случае составило 664 351 Па, эжектируемого 508 726 Па.

Для построения характеристик работы рассматриваемого агрегата при изменении требуемого давления на кауперах доменных печей № 6 и № 7 производилась серия расчетов работы данного агрегата, при изменении давления смешанного потока на выходе из эжектора в пределах от 5,1 до 5,6 бар, а также при изменении давления эжектируемого потока в пределах от 5,1 до 5,5 бар. Строились зависимости величины расхода эжектируемого и эжектирующего потока в этих случаях. Построенные зависимости нам позволяют сделать вывод, что понижение требуемого давления на выходе из эжектора приводит к неизбежному росту расходов как эжектирующего, так и эжектируемого потоков, что недопустимо.

В этом случае необходимо производить регулирование давления потоков перед эжектором для обеспечения постоянства расхода доменного дутья. Значения давлений, которые необходимо поддерживать во входных патрубках эжектируемого и эжектирующего потоков агрегата в зависимости от необходимого давления на ДП-6, отображено на рис. 1.

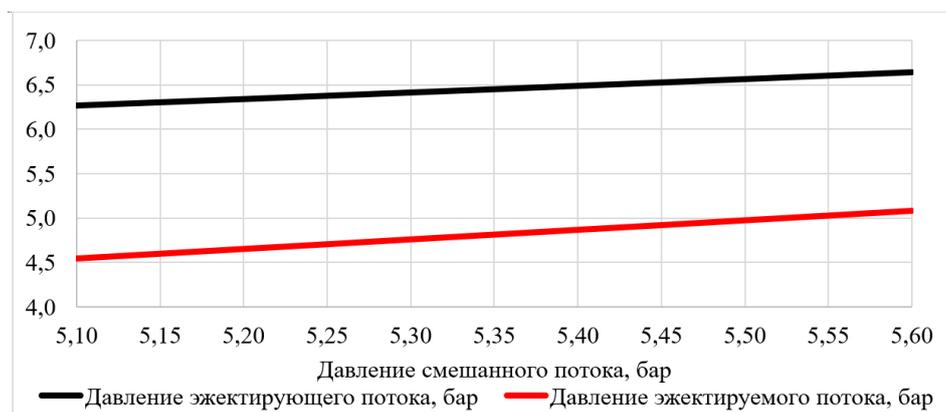


Рис. 1. Зависимость давлений эжектирующего и эжектируемого потоков на входе в эжектор от требуемого давления смешанного потока

Библиографический список

1. Соколов, Е. Я. Струйные аппараты / Е. Я. Соколов, Зингер Н. М. – 3-е изд., перераб. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.
2. Успенский, В. А. Струйные вакуумные насосы / В. А. Успенский, Ю. М. Кузнецов. – М. : Машиностроение, 1973. – 144 с.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ В ЦИКЛОННО-СЛОЕВОЙ ТОПКЕ ПРИ СЖИГАНИИ ТВЕРДЫХ БИОТОПЛИВ

Е. А. Пиуха¹, Э. К. Бучилко¹, Ю. С. Теплицкий¹, А. А. Халатов², С. Г. Кобзарь²

¹*Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси, Минск, Беларусь*

²*Институт технической теплофизики НАН Украины, Киев, Украина*

Одним из перспективных типов топочных устройств, которые могут быть использованы для эффективного сжигания твердых биотоплив, являются циклонно-слоевые топки, в которых совмещается слоевое сжигание топлива с вихревым дожиганием мелких фракций и газообразных продуктов неполного горения в надслоевом пространстве [1]. Циклонно-слоевая топка представляет собой двухкамерную топку, включающую вихревую камеру сгорания с неподвижным или кипящим слоем и камеру догорания, которые разделены пережимом. Пережим позволяет сформировать в нижней камере активный вихревой гидродинамический режим, удерживать несгоревшие частицы топлива до их полного выгорания и сформировать закрученную струю, выходящую из камеры сгорания.

Цель настоящей работы – экспериментальное исследование распределения концентраций топочных газов (O_2 , CO , CO_2 , NO_x , H_2) в слоевой части циклонно-слоевой топки.

Исследования проводились на макетной экспериментальной установке БИ-1М с циклонно-слоевой топочной камерой. В качестве сжигаемого топлива использовались пеллеты из торфа ($W^p = 10\%$, $A^p = 5,4\%$, $Q^p_n = 15,6$ МДж/кг) и древесины ($W^p = 9,5\%$, $A^p = 1,2\%$, $Q^p_n = 16,6$ МДж/кг). Сжигание топлива проводилось как в неподвижном (плотном), так и в кипящем слое. Высота неподвижного слоя составляла 35...60 мм, кипящего слоя – 110 мм.

Экспериментально получены профили концентраций топочных газов при сжигании биотоплив в неподвижном (рис. 1) и кипящем слое (рис. 2).

Установлено, что концентрация кислорода (O_2) в непосредственной близости от газораспределителя максимальна и составляет около 20%. Концентрация горючих компонент (CO , CH_4 , H_2) в этой области близка к 0, а концентрация продукта полного окисления – CO_2 не превышает 1%. По мере удаления от газораспределителя концентрация O_2 быстро падает, при этом в кипящем слое это происходит более плавно.

Максимальная концентрация горючих газов при сжигании биотоплив в неподвижном слое наблюдается на расстоянии 0,045 м от газораспределительной решетки, т.е. примерно равном высоте слоя. Это объясняется интенсивным выходом летучих в этой области и снижением скорости окислительных процессов.

Максимальная концентрация горючих газов при сжигании в кипящем слое наблюдается в верхней трети слоя, а концентрация кислорода в этой зоне изменяется слабо и составляет 0–2%. Данная картина распределения концентраций, вероятно, объясняется быстрым выходом летучих из поступающих в КС порций «свежего» топлива, частицы (пеллеты) которого находятся в верхней части слоя. По-видимому, в кипящем слое не наблюдается идеального перемешивания пеллет в вертикальном направлении, и они после выхода летучих под воздействием свежих порций топлива перемещаются в сторону газораспределительной решетки. Такое предположение объясняет, почему в нижней половине слоя резко падает концентрация O_2 и возрастает концентрация CO_2 (идет реакция полного окисления углерода коксового остатка при большой концентрации кислорода $C + O_2 = CO_2$) и одновременно отсутствуют горючие газы (CO , CH_4 и H_2).

Установлено, что для древесных и торфяных пеллет характер кривых концентраций газов в качественном отношении аналогичен. Для ряда газовых компонент (CH_4 , H_2 , CO_2 , O_2) графики распределений близки и при количественном сравнении.

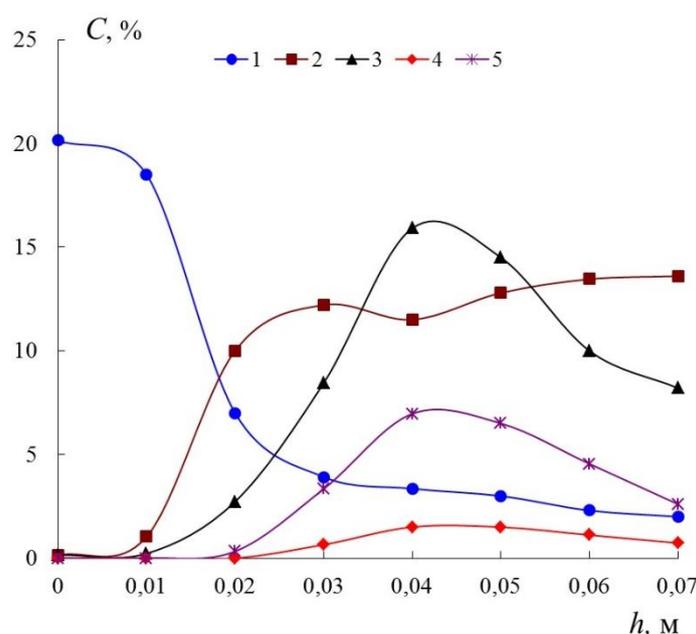


Рис. 1. Распределение объемных концентраций газов по высоте неподвижного слоя при сжигании пеллет из торфа в циклонно-слоевой топке:

1 – O_2 ; 2 – CO_2 ; 3 – CO ; 4 – CH_4 ; 5 – H_2

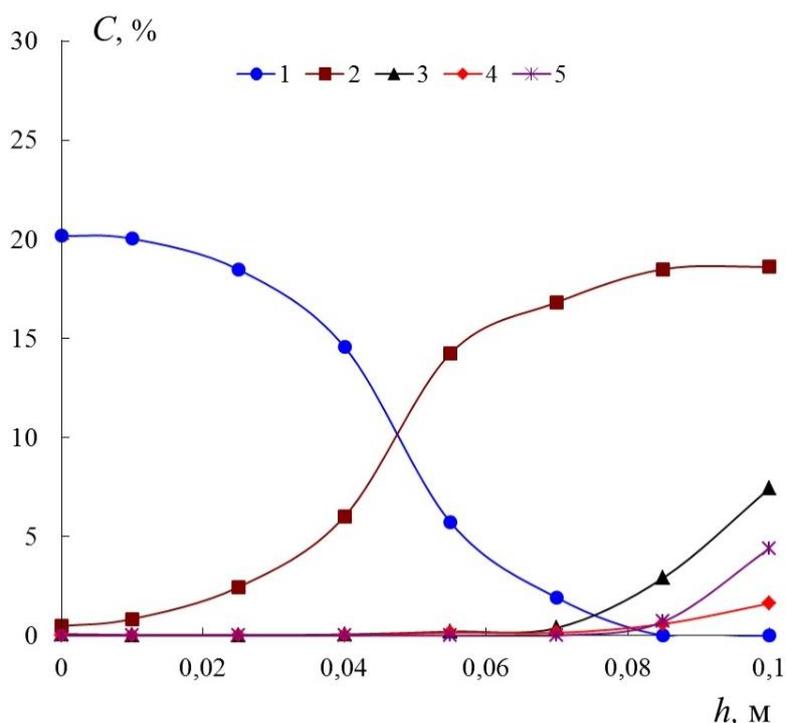


Рис. 2. Распределение объемных концентраций газов по высоте кипящего слоя при сжигании древесных пеллет в циклонно-слоевой топке:
 1 – O₂; 2 – CO₂; 3 – CO; 4 – CH₄; 5 – H₂

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект № T20УКА-004).

Библиографический список

1. Пищуха, Е. А. Новый высокоэффективный метод двухстадийного сжигания твердых биотоплив в кипящем слое / Е. А. Пищуха, Ю. С. Теплицкий, Э. К. Бучилко // Энергоэффективность. – 2017. – № 3. – С. 28 – 31.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

А. А. Слюсарь

*Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия
 (e-mail: slusar.anton@yandex.ru)*

Цель и задачи работы: экспериментально определить коэффициенты теплопередачи отопительных приборов – секционных радиаторов: чугунного М-140 и биметаллического Rifar Base 500, конвекторов «Аккорд» (КА), ЛАК-350 и гладкой стальной трубы; определить основные факторы, влияющие на коэффициент теплопередачи отопительного прибора.

Проведен ряд экспериментов по определению коэффициентов теплопередачи, расчетные данные приведены в табл. 1.

1. Результаты расчетов

№	Тип прибора	Тепловой поток	Площадь	Плотность воды	Коэффициент теплопередачи	Коэффициент теплопередачи
		Q_1	A	ρ	k	$k_{ср}$
		Дж/с	м ²	кг/м ³	Вт/(м ² ·К)	Вт/(м ² ·К)
1	2,1	525,08	1,27	985,3	14,41	9,09
2		416,09		981,4	9,20	
3		396,91		981,8	8,97	
1	2,2	194,56	2,6	981,1	2,05	1,93
2		185,31		980,5	1,92	
3		175,65		980,7	1,82	
1	2,3	145,12	0,98	977,9	3,54	3,15
2		128,25		978,4	3,21	
3		108,54		978,2	2,69	
1	2,4	435,86	1,1	980,5	11,11	11,21
2		461,75		980,3	11,55	
3		429,16		980,7	10,97	
1	2,5	785,38	2	975,4	8,38	8,38
2		772,97		975,1	8,16	
3		790,65		975,9	8,60	
1	2,6	109,96	0,248	978,7	10,87	11,06
2		109,43		980,1	11,55	
3		110,27		978,4	10,77	

Отопительные приборы:

2,1 – Радиатор чугунный секционный (секций 5) М – 140

2,2 – Конвектор Аккорд 2А16

2,3 – Конвектор Аккорд А12

2,4 – Конвектор ЛАК – 350

2,5 – Радиатор биметаллический секционный (секций 4) Rifar Base 500

2,6 – Трубный регистр

Основные факторы, определяющие величину коэффициента теплопередачи отопительного прибора, – это конструктивные особенности прибора и условия его эксплуатации.

В современных системах отопления, в зависимости от условий эксплуатации, используются различные приборы отопления. Они различаются своими параметрами: формой, материалами и способами передачи тепла.

Кроме рассмотренных двух основных факторов, на коэффициент теплопередачи отопительных приборов влияют другие факторы.

Среди многочисленных дополнительных факторов можно выделить следующие:

а) место установки отопительного прибора в помещении и конструкция ограждения прибора;

б) способ присоединения отопительного прибора к трубам системы водяного отопления;

в) окраска отопительного прибора.

На значении коэффициента теплопередачи сказываются также качество обработки внешней поверхности, загрязненность внутренней поверхности, наличие воздуха в приборах и другие эксплуатационные факторы.

Библиографический список

1. Сканави, А. Н. Отопление / А. Н. Сканави, Л. М. Махов. – М. : Издательство АСВ, 2006. – 576 с.
2. Дроздов, В. Ф. Отопление и вентиляция / В. Ф. Дроздов. – М. : Высшая школа, 1976. – 280 с.
3. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч. 1. Отопление / В. Н. Богословский, Б. А. Крупнов, А. Н. Сканави и др. – М. : Стройиздат, 1990. – 334 с.
4. Стерлигов, В. А. Определение интенсивности теплоотдачи отопительных приборов: методические указания к лабораторной работе / В. А. Стерлигов, Е. М. Крамченков. – Липецк : ЛГТУ, 2001. – 14 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ

Е. К. Чеканова, Т. Г. Мануковская

Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия

(e-mail: chekanova.k.00@mail.ru)

Требования к тепловой изоляции ограждающих конструкций зданий и сооружений, введенные в действие в 2000 году, явились стимулом к разработке и внедрению новых теплоизоляционных материалов и технологий, позволяющих создавать конструкции стен, эффективных не только с точки зрения энергосбережения, но и оптимальных по затратам на их реализацию. Под теплоизоляцией понимаем элементы ограждающей конструкции сооружения, позволяющие снизить показатели теплоотдачи материалов, а также строения в целом. Применение теплоизоляционных материалов, обладающих достаточной для возведения несущих конструкций прочностью, дает возможность создавать в зданиях определенный микроклимат для нормальной жизнедеятельности человека.

Определяющими факторами внутреннего режима помещения служат, в первую очередь, теплотехнические и теплофизические свойства ограждающих конструкций. Для определения теплозащитных свойств ограждающих конструкций, тепловых потерь через наружные ограждения зданий выполняют теплотехнический расчет.

В настоящее время для конструкции стен кроме основного материала необходимо использовать слои утеплителя для теплозащиты. Наиболее часто применяемыми в качестве тепловой изоляции зданий являются волокнистые утеплители, такие как минеральная вата. Вторую основную группу теплоизоляционных материалов представляют пенопласты. Наиболее востребованным в современном строительстве пенопластом является пенополистирол.

Потребность в новых видах утеплителей послужила толчком в развитии производства теплоизоляционных изделий. Одним из таких материалов является жидкий керамический тепловой изолятор Thermal-Coat, который представляет собой сверхтонкий теплоизоляционный материал с отражающим покрытием. С его помощью производят теплоизоляцию ограждающих конструкций жилых и общественных зданий.

Для исследования теплозащитных свойств ограждающих конструкций, в том числе тепловых потерь, были взяты: теплоизоляционные плиты из минеральной ваты, пенополистирол и жидкий керамический теплоизолятор Thermal-Coat. В качестве строительного ограждения принимаем стену площадью 10 м² из силикатного кирпича (табл.1).

1. Теплотехнические показатели строительных материалов

Характеристики материала	Силикатный кирпич	Минеральная вата	Пенополистирол	Thermal-coat
Толщина слоя, м	0,64	0,15	0,15	0,00114
Плотность, кг/м ³	1800	180	40	430
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)	0,87	0,045	0,038	0,001

2. Годовые потери тепла для разных теплоизоляционных материалов

Материал	Силикатный кирпич и минеральная вата	Силикатный кирпич и пенополистирол	Силикатный кирпич и Thermal-coat
$Q_o^{год}$ (кВт)	241,477	211,281	493,325

В результате проведенных расчетов были получены значения годовых потерь тепла для ограждающих конструкций с различными видами теплоизоляционных материалов (табл. 2).

Таким образом, можно сделать вывод, что известные теплоизоляционные материалы лучше сохраняют тепло, чем новый изолятор Thermal-coat. Несмотря на то, что жидкий керамический теплоизолятор Thermal-Coat имеет большие тепловые потери, благодаря его высокой отражающей способности его можно использовать для защиты от прямых солнечных лучей, а также в районах с мягким климатом. Теплоизолятор Thermal-Coat легко можно наносить в несколько слоев, тем самым снижая теплопотери.

Библиографический список

1. Богословский, В. Н. Строительная теплофизика / В. Н. Богословский. – М. : Высшая школа, 1982. – 415 с.
2. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. Отопление и теплоснабжение / Р. В. Щекин, С. М. Корневский, Г. Е. Бем и др. – Киев : Будильник, 1975. – 416 с.
3. Еремкин, А. И. Тепловой режим зданий : учебное пособие / А. И. Еремкин, Т. И. Королева. – М. : Издательство АСВ, 2000. – 368 с.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ НК-16СТ В СИСТЕМЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

Р. Ю. Чубаров, М. Д. Злобин, О. Н. Попов

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

Государственной энергетической политикой Российской Федерации до 2035 г. определены такие приоритетные направления развития, как максимально возможное использование оборудования, имеющего подтверждение производства на территории Российской Федерации; рациональное природопользование и энергетическая эффективность; переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике; развитие конкуренции в конкурентных видах деятельности топливно-энергетического комплекса на внутреннем рынке; максимальное использование преимуществ централизованных систем энергоснабжения [1].

Одним из способов достижения поставленных приоритетов стратегией предусмотрена оптимизация структуры генерирующих мощностей с учетом их технико-экономических показателей с сохранением приоритета выработки электрической и тепловой энергии в комбинированном режиме [1].

В данной работе рассмотрена возможность применения стационарного газотурбинного двигателя НК16-СТ для энергоснабжения промышленных предприятий и жилых районов.

Для определения энергетических показателей эффективности энергетической установки необходимо выполнить тепловой расчет ГТУ при номинальном и переменном режимах [2].

В ходе выполнения расчета ГТУ при номинальном режиме было определено оптимальное соотношение давлений в цикле $\pi_{к0} = 9,4$, которое обеспечивает достаточно высокую экономичность при умеренных размерах ГТУ. Для полученного значения $\pi_{к0}$ произведен уточненный расчет номинального режима работы, учитывающий средние удельные теплоемкости рабочего тела для каждого отсека отдельно и определены расходы рабочего тела.

Полученные в номинальном расчете данные позволили выполнить расчеты переменных режимов работы ГТУ: переменной мощности при постоянной температуре воздуха (рис. 1) и переменной температуры воздуха при постоянной температуре продуктов сгорания перед турбиной (рис. 2).

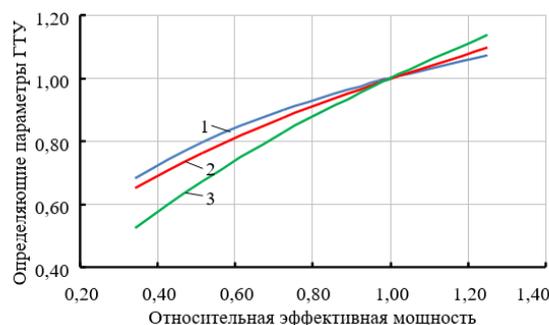


Рис. 1. Зависимость определяющих параметров ГТУ от относительной эффективной мощности:

1 – относительный КПД ГТУ; 2 – относительный расход воздуха в цикле;

3 – относительная удельная эффективная работа ГТУ

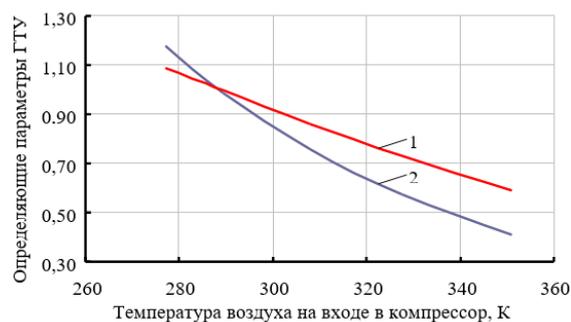


Рис. 2. Климатические характеристики ГТУ:

1 – относительный КПД ГТУ; 2 – относительная эффективная мощность ГТУ

По данным рис. 1 и 2 определяются линии рабочих режимов ГТУ. Отдельно по рис. 2 делается вывод об изменении мощности и топливной экономичности ГТУ в зависимости от температуры наружного воздуха.

Библиографический список

1. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года. Минэнерго России.
2. Комаров, О. В. Тепловые и газодинамические расчеты газотурбинных установок : учебно-методическое пособие / О. В. Комаров, В. Л. Блинов, А. С. Шемякинский. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2018. – 164 с.

**ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ
К СИСТЕМАМ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ, ВНЕДРЯЕМЫМ
В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ 0,4 кВ**

*А. А. Балабин, к.т.н., начальник отдела энергосбережения
и повышения энергоэффективности,*

А. А. Лансберг, инженер отдела энергосбережения и повышения энергоэффективности

Филиал ПАО «Россети Центр»-«Орелэнерго»

(be-mail: alabin.aa@mrsk-1.ru, Lansberg.AA@mrsk-1.ru)

В настоящее время актуальным вопросом в сфере электроэнергетики является внедрение интеллектуальных технических средств в электрические сети [1-3]. В рамках данного направления был реализован пилотный проект по использованию системы накопления электрической энергии (СНЭ) в филиале ПАО «Россети Центр»-«Белгородэнерго» для повышения качества электроэнергии в воздушной линии электропередачи Ф№2 от ТП 980 подстанции «Западная» протяженностью 2,04 км с 69-ю потребителями электрической энергии.

В ходе опытной эксплуатации вышеуказанной СНЭ удалось сформировать основные требования, которые использовались при масштабировании проекта в других филиалах электросетевой компании ПАО «Россети Центр и Приволжье».



**Рис. 1. Внешний вид накопителя электроэнергии
в филиале ПАО «Россети Центр»-«Белгородэнерго»**

Так, при установке накопителя электроэнергии в электрическую сеть он должен обеспечивать пофазный мониторинг уровня напряжения и пофазную регулировку выдаваемой мощности, энергоемкость батареи устройства должна определяться проектом в зависимости от мощности, продолжительности времени выдачи мощности и характеристик используемого оборудования, при этом следует ограничить потребление мощности в режиме зарядки в целях предотвращения значительного падения напряжения на ВЛ при зарядке устройства, а также устройство должно быть оснащено схемой автоматического регулирования зарядного тока в зависимости от уровня напряжения, ограничивающей зарядный ток при снижении напряжения в сети.

Диапазон рабочих температур накопителя электроэнергии определяется в соответствии с климатической характеристикой района, на территории которого предполагается осуществлять строительство объекта. Также необходимо реализовать в СНЭ теплоизоляцию корпуса, обеспечивающую оптимальные технико-экономические характеристики потребления электроэнергии на собственные нужды накопителя и реализовать систему автоматического обогрева и вентиляции (при необходимости обеспечения необходимого диапазона рабочих температур).

Корпус накопителя электроэнергии должен быть изготовлен из металла, не подверженного коррозии в течение всего срока службы или с защитой от коррозии методом горячего цинкования. Возможно применение корпуса из полимерных материалов. Накопитель электроэнергии должен быть снабжен устройством синхронизации, обеспечивающим включение устройства на параллельную работу с сетью и иметь коммутационный аппарат, позволяющий выполнять отключение устройства от сети действиями оперативного персонала. Наличие коммутационного аппарата на вводе СНЭ, в том числе, должно обеспечить видимый разрыв сети.

Одним из важных требований является оснащение накопителя электроэнергии устройством защиты от перегрузки, обеспечивающим отключение накопителя от сети при превышении номинального тока, а также при исчезновении напряжения в сети.

Таким образом, в данной работе были рассмотрены основные требования, предъявляемые к системам накопления электрической энергии, которые удалось сформировать по результатам опытной эксплуатации пилотного проекта использования накопителя электроэнергии в филиале ПАО «Россети Центр»-«Белгородэнерго», что позволяет повысить технические и эксплуатационные характеристики накопителей, которые реализовываются в рамках масштабирования проекта по использованию накопителей электроэнергии в ПАО «Россети Центр и Приволжье».

Библиографический список

1. Система мониторинга и управления электрическими сетями 0,4 кВ / А. В. Виноградов, А. В. Виноградова, В. Е. Большев, Н. С. Сорокин // Энергия: экономика, техника, экология. – 2021. – № 1. – С. 58 – 63.
2. Повышение надежности электроснабжения потребителей посредством применения мультиконтактных коммутационных систем в линиях электропередачи 0,4 кВ с отпайками / А. В. Виноградов, А. В. Виноградова, А. И. Псарев и др. // Вестник НГИЭИ. – 2020. – № 11(114). – С. 48 – 64.
3. Вариант структурной схемы вводно-учетно-распределительного устройства / А. В. Виноградов, Т. А. Мамедов, В. И. Загинайлов и др. // Агротехника и энергообеспечение. – 2020. – № 3(28). С. 5 – 17.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СВОЙСТВ SIP-ПАНЕЛЕЙ

Ю. А. Козлова

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: Lulik93@mail.ru)*

В настоящее время одной из приоритетных задач социально-экономического развития России является обеспечение населения доступным и комфортным жильем.

На сегодняшний день все большую популярность приобретает малоэтажное жилье. Это подтверждается увеличением темпов его роста за последнее десятилетие [1]. Малоэтажное домостроение имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с традиционной многоэтажной городской застройкой. Однако основной проблемой является стоимость строительства [3].

Сегодня эта проблема решается с помощью активного внедрения современных технологий. Они позволяют возводить малоэтажные дома, отвечающие всем стандартам качества, экологичности, энергоэффективности и экономичности. Все более востребованными становятся технологии строительства быстровозводимых домов. Это обусловлено современными требованиями к малоэтажному домостроению. Одной из таких технологий, широко применяемых в строительстве малоэтажных жилых домов, стала технология панельно-каркасного домостроения [4]. Лapidус А. А. неоднократно в своих выступлениях касался вопросов применения технологии SIP при реализации жилищных программ. Он отметил, что в ходе реализации Федеральной программы «Переселение из ветхого и аварийного жилья» была возможность убедиться в соответствии данной технологии всем заявленным требованиям [2].

В России данная технология применялась в послевоенные годы, а потом была незаслуженно забыта. В настоящее время данная технология в модифицированном виде пришла к нам из Канады. Первым объектом технологии SIP в России стал дом, построенный компанией «Город мастеров на

ВВЦ» Небольшой дом (проект «Альфа»), размерами 8×5 м был собран в течение нескольких часов. Сейчас эта технология продолжает активно развиваться. От коттеджного домостроения постепенно осуществляется переход к более массовому жилью – многоквартирным домам. И, естественно, повышаются требования не только к качеству используемых SIP-панелей, но и к качеству монтажных работ.

Основным материалом для возведения дома являются SIP-панели. Существует несколько видов SIP-панелей, основанных на разных конструкционных и теплоизоляционных составляющих. Все они обладают разными несущими и теплоизоляционными характеристиками, а также размерами (которые чаще всего привязаны к размерам конструктивных плит).

В настоящее время комбинированные панели, состоящие из пенополистирола, облицованного с двух сторон ориентированно стружечной плитой, получили широкое применение в деревянном домостроении (в качестве стеновых ограждений). В процессе работы они подвергаются воздействию длительных нагрузок, поэтому возникла необходимость в изучении долговечности материала.

В качестве объектов исследования была взята комбинированная панель и входящие в нее компоненты (ориентированно стружечная плита, пенополистирол). Испытания проводились при поперечном изгибе в режиме заданных напряжений и температур, в процессе которых фиксировалось время до разрушения (долговечность). В результате были получены зависимости в координатах долговечности от напряжения.

Библиографический список

1. Жарова, Е. А. Краткий обзор современных технологий малоэтажного жилищного строительства / Е. А. Жарова // Молодежь, наука, технологии: идеи и перспективы (МНТ-2015) : материалы II Междунар. науч. конф. студентов и молодых ученых. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2015. – С. 49 – 52.

2. Лapidус, А. А. Применение СИП при реализации Федеральных программ – как путь решения проблемы. Опыт, примеры, экономика / А. А. Лapidус // Актуальные вопросы развития технологии СИП в современных условиях. Выставка «Деревянное домостроение : итоги конф. – Holzhaus, 2016. Фотоотчет.

3. Понкрatова, М. С. Выбор материала ограждающих конструкций для строительства жилых объектов в целях повышения энергоэффективности и удешевления строительства / М. С. Понкрatова // Молодежь, наука, технологии: идеи и перспективы (МНТ-2015) : материалы II Междунар. науч. конф. студентов и молодых ученых. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2015. – С. 121 – 124.

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Н. В. Коренков

*Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парахина, Орел, Россия
(e-mail: nikitakorenkov66@yandex.ru)*

В трудах авторов [1 – 6] указывается, что цифровая трансформация энергосистемы является актуальным практическим и научным направлением. Неизбежно изменится образ потребителя. Завтра на смену энергозависимому потребителю придет активный потребитель, у которого есть своя локальная генерация и системы накопления энергии. Потребитель желает управлять своим потреблением. При таких очевидных и быстрых изменениях электросетевые, генерирующие и сбытовые компании должны быть готовы к тому, что входные массивы данных увеличатся в сотни раз, необходимо разрабатывать новые технические устройства, которые будут цифровыми, а скорость реагирования на изменения должна стать практически мгновенной. Иными словами, энергосистема должна пройти серьезную цифровую трансформацию.

В общем-то идея делегирования человеческого труда машинному интеллекту не нова. Часто приходится сталкиваться с заблуждением, что цифровизация – это просто повсеместная автоматизация. В чем-то это действительно так, но основной смысл цифровизации именно в полноте и самодостаточности рабочего процесса, внутри которого выполнена автоматизация.

Вот простой пример, понятный, пожалуй, каждому работнику электросетевого комплекса – формирование годового производственного отчета.

Годовой производственный отчет включает в себя разнородную отчетную информацию, для формирования которой требуется:

- 1) сбор данных «снизу» (датчики, приборы учета, данные осмотров и т.д.);
- 2) обработка исходных данных в информационных системах (SAP, различные АРМы);
- 3) формирование отчетных форм.

Частично этот процесс автоматизирован уже сейчас. Например, часть исходной информации (преимущественно из АСУЭ) попадает в SAP и в АРМы без участия человека автоматизировано.

Также автоматизация выполнена в части формирования некоторых отчетных форм, которые выгружаются из SAP в готовом виде и не требуют ручной доработки.

Однако даже принимая во внимание частичную автоматизацию, формирование годового отчета – все еще очень трудоемкий процесс, требующий «ручного» труда большого количества специалистов.

Цифровизация данного процесса будет выглядеть следующим образом:

1. Сбор цифровых сигналов «снизу» (датчики, приборы учета, данные осмотров и т.д.).
2. Аккумуляция информации в специальных хранилищах – «Озерах данных».
3. Автоматический перенос одной и той же исходной информации из «Озер данных» в информационные системы.
4. Автоматическое формирование отчетных форм.

Очевидно, что на всех перечисленных этапах участие человека не потребуется.

А нужен ли будет вообще человеческий труд? Да, нужен: «внизу» – для обеспечения работы первичных измерительных устройств и «вверху» для анализа, планирования и улучшения полученных результатов.

Библиографический список

1. The automatic filling in the work order and switching form in the electric network company / M. V. Borodin, N. V. Korenkov, N. V. Makhianova, A. E. Semenov // Proceedings – 2020 2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA 2020 : сб. – 2020. – С. 941 – 943.

2. Бородин, М. В. Использование БПЛА в электросетевом комплексе / М. В. Бородин, А. Е. Семенов, Н. С. Сорокин // Цифровая трансформация в энергетике : сб. тр. конф. – 2020. – С. 131 – 133.

3. Автоматическое заполнение наряда-допуска и бланка переключений в электросетевом комплексе / М. В. Бородин, Н. В. Коренков, Н. В. Махиянова, А. Е. Семенов // Вести высших учебных заведений Черноземья. – 2020. – № 3-4(61-62). – С. 8 – 16.

4. Пронина, Е. В. Цифровизация Российских электрических сетей. Проблемы правового регулирования / Е. В. Пронина // Энергетика и право. – 2019. – № 1. – С. 24 – 27.

5. Бородин, М. В. Единая информационная система цифровизации и визуализации трансформаторных подстанций 10(6)/0,4 кВ / М. В. Бородин, Н. В. Коренков // Энергетика будущего – цифровая трансформация : сб. тр. Всерос. науч.-практ. конф. – Липецк, 2020. – С. 87 – 91.

6. Мозохин, А. Е. Анализ направлений развития цифровизации отечественных и зарубежных энергетических систем / А. Е. Мозохин, В. Н. Шведенко // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2019. – Т. 19, № 4. – С. 657 – 672.

МЕТОДЫ ЭКОНОМИИ И НОРМИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

С. В. Кузьмина, С. С. Макаров, В. П. Жалнин

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

Нет более важного открытия в истории человечества, чем электричество. Сегодня невозможно представить жизнь без электроэнергии. Сейчас аварии на электросетях приводят к прерыванию привычной жизнедеятельности человека и несут ощутимые убытки предприятиям и населению. В связи со столь сильной зависимостью от электроэнергии первостепенной проблемой для всего мира на сегодняшний день стало исследование и сохранение энергетических ресурсов.

Большинство экспертов приходит к выводу, что при нынешнем потреблении электроэнергии борьба за энергоресурсы примет критический характер в недалеком будущем [1]. Существуют два направления развития решения данной проблемы: экономия и нормирование потребления существующих энергетических ресурсов, и освоение новых технологий получения электрической энергии [2]. Так как второй путь решения требует огромных затрат для реализации и носит скорее теоретический характер развития, наиболее целесообразным на сегодняшний день является повышение эффективности обращения с существующими энергоресурсами.

Проблема в том, что более-менее приемлемых способов решения этой проблемы в мировом масштабе пока не найдено. Однако, существуют программы по энергосбережению для отдельных субъектов жизнедеятельности. Например, еще со времен СССР практикуется так называемое поведенческое энергосбережение, обращенное к населению. Оно характеризуется лозунгом «Уходя – гасите свет!» и носит рекомендательный характер. Данная программа энергосбережения, конечно, необходима, но не принесет значительных изменений в мировой картине потребления электроэнергии.

Для предприятий же вводятся меры по энергосбережению на законодательном уровне. Так, Федеральный закон от 29 июля 2017 г. №261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» говорит о запрете на оборот на энергорасточительные товары, маркировке товаров по энергоэффективности и т.д. [3].

Несмотря на работы по энергосбережению многих стран и призывы, обращенные к населению и предприятиям, повлиять на решение проблемы истощения энергетических ресурсов возможно лишь рассмотрев проблему с мировой точки зрения.

Структура мировой электроэнергетики представляет собой взаимоотношения поставщиков и потребителей. Независимо от того, рассматривается ли страна как страна-экспортер или импортер электроэнергии, идея экономии и нормирования потребления энергетических ресурсов имеет одинаковую первостепенную важность для всех. Каждая из стран должна проводить программы по энергоэффективности не только в отношении населения и предприятий, но и вести активное мировое сотрудничество для решения проблемы.

Библиографический список

1. Ушаков, В. Я. Возобновляемая и альтернативная энергетика: ресурсосбережение и защита окружающей среды / В. Я. Ушаков. – Томск : Изд-во «СибГрафикс», 2011. – 137 с.
2. Sustainable energy systems in the digital economy: concept of smart machines / V. A. Shakhnov, S. S. Filin, A. I. Krivoshein, A. I. Vlasov // Entrepreneurship and Sustainability Issues. – 2019. – V. 6, No. 4. – P. 1975 – 1986.
3. Энергетическое обследование [Электронный ресурс]. – URL : <https://energocert.ru/federalnyj-zakon-ob-energoberezhennii-261-fz> (дата обращения: 12.10.2021).

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ РОССИИ

Н. В. Кузьмина, И. И. Савенков, В. П. Жалнин

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия
(e-mail: n4talia.kuzmina@gmail.com)*

На протяжении многих лет ключевым фактором развития мировой экономики являлся рост производства и потребления энергии невозобновляемых энергоресурсов органического происхождения. Именно мировой энергетический кризис 1973 года определил кардинальное изменение направления развития экономики в сторону повышения эффективности использования энергоресурсов и развития энергосбережения в электроэнергетике многих промышленно-развитых стран, в частности, России [1].

Энергетический кризис 1973 года показал всему миру, насколько зависимы большинство стран от нефтепродуктов. До начала 70-х годов СССР не имела особого влияния на нефтяном мировом рынке, даже несмотря на большое количество месторождений нефти. Однако энергетический кризис повлек за собой резкое увеличение масштабов нефтедобычи и экспорта в Европу. В результате увеличение влияния доходов от добычи нефтяного сырья на бюджет страны стало определяющим фактором в укреплении неправильного курса развития экономики. При дальнейшем развитии в таком направлении даже незначительный кризис будет иметь сильнейшее влияние на экономику страны.

Именно эта проблема определила развитие энергосбережения в электроэнергетике России, способствовала повышению эффективности использования энергоресурсов и поиску новых способов увеличения доходов страны.

Одним из основных инструментов рационализации энергопотребления является использование «зеленой» энергетика – т. е. использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Среди используемых на данный момент электростанций (ТЭС – тепловые электростанции, ГЭС – гидравлические электростанции, АЭС – атомные электростанции, СЭС – солнечные электростанции, ВЭС – ветряные электростанции) лишь три вида работают на ВИЭ – ГЭС, СЭС и ВЭС. В таблице 1 приведены результаты анализа установленной мощности электростанций Единой энергетической системы России (ЕЭС) по видам генерации в период с 2015 по август 2021 года.

**1. Установленная мощность электростанций ЕЭС по видам генерации
в период с 2015 по август 2021 года [2]**

	2015 г.		2017 г.		2019 г.		2021 г.	
	Мощность (МВт)	Доля в ЕЭС (%)						
ТЭС	160 233,28	68,1	162 779,67	67,88	166 070,3	67,56	163 380,93	66,10
ГЭС	47 855,18	20,34	48 449,65	20,2	49 468,9	20,13	49 955,62	20,21
АЭС	27 146,00	11,53	27 914,30	11,64	29 132,2	11,85	30 542,99	12,36
СЭС	60,2	0,03	534,2	0,22	954,2	0,39	1 787,72	0,72
ВЭС	10,9	0,01	134,36	0,06	183,9	0,07	1 497,60	0,61

Анализируя полученные данные, можно увидеть стремительные темпы развития «зеленой» энергетики в экономике России. С 2015 года доля ВЭС в Единой энергетической системе России увеличилась с 0,01 до 0,61%, доля СЭС – с 0,03 до 0,72%. Конечно, отказа от экономического курса, направленного на добычу нефти, в ближайшие годы не ожидается. Это обусловлено многими факторами. Главный из них – доля дохода от нефтепродуктов, которая на сегодняшний день составляет около 50% бюджета страны. Также значительное влияние оказывает высокая энергоёмкость российской экономики, обусловленная суровыми климатическими условиями на большей территории страны, устройством народного хозяйства, в котором преобладают добывающие отрасли, и многими другими факторами. Несмотря на все это рациональное использование электроэнергии должно быть не только курсом развития экономики, но национальной идеей, так как последствия влияют не только на нашу страну, но и на будущее всей планеты [3].

Библиографический список

1. Дрождинина, А. И. Энергосбережение – инструмент реализации энергетической стратегии России / А. И. Дрождинина // Вестник Мурманского государственного технического университета. – 2008. – С. 338–339.

2. Системный оператор Единой энергетической системы [Электронный ресурс]. –

U

R 3. Sustainable energy systems in the digital economy : concept of smart machines / V. A. Shakhnov, S. S. Filin, A. I. Krivoshein, A. I. Vlasov // Entrepreneurship and Sustainability Issues. – 2019. – V. 6, No. 4. – P. 1975 – 1986.

H

Y

P

E

R

L

126

N

K

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СПОСОБОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ОДНОФАЗНЫХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ В 6, 10, 35 кВ

А. Н. Кустов, В. И. Зацепина

*Липецкий государственный технический университет, Липецк, Россия
(e-mail: alexandex.k@yandex.ru)*

В России согласно правилам устройства электроустановок сети 6...35 кВ в большинстве случаев работают с изолированной нейтралью. Обоснование использования таких сетей связано с их надежностью и возможностью работать даже в аварийном состоянии [1].

Однофазные короткие замыкания на землю сопровождаются негативным влиянием на сеть и изоляцию. При таких замыканиях возникает несимметрия напряжения в сети, вследствие этого напряжение на неповрежденных фазах напряжение возрастает в 1,73 раза. Данное увеличение на неповрежденных фазах в случае несвоевременного обнаружения и исправления может приводить к серьезным последствиям, в том числе к возникновению межфазного замыкания.

С каждым годом появляются новые способы и методы определения однофазных коротких замыканий на землю, но в большинстве случаев для определения места повреждения без человеческого труда не обойтись.

Основные устройства для определения ОЗЗ и селективного отключения защищаемого присоединения выступают Зеро, ЗНН и ЗЗП-1 [2]. Относительно недавно появилось еще устройство МИР ОПН-01, определяющее еще и номера опор с передачей данных диспетчеру. Но данные устройства не позволяют нам в полной мере оценить сложившуюся ситуацию, показать истинную причину возникновения повреждения и конкретные опоры, где произошло повреждение. В данном случае уменьшается время обнаружения повреждения, но человеческий труд в определении точного места и причин повреждения не сводится к тому минимуму, которых хотели бы видеть энергосбытовые компания.

Для решения данной ситуации был предложен альтернативный вариант поиска неисправностей. ОЗЗ заключается на автоматическом запуске дрона с площадки подстанции и его перемещение вдоль линии электропередач. С помощью установленных датчиков дрон анализирует гармонический состав сети и передвигается до места повреждения. В случае разветвления сети, как часто бывает в сельской местности, дрон определяют с помощью датчиков поврежденную отпайку и продолжает свое передвижение именно по поврежденному участку [3].

Первое достоинство, которое сразу бросается в глаза, это уменьшение человеческой работы, для определения места повреждения. Второе достоинство, во время передвижения дрона вдоль воздушной линии, на всем пути передвижения он снимает линию, и в дальнейшем прибыв на электростанцию, может передать эти данные, а специалисты рассмотрят все линии, и будут каждый раз знать актуальное состояние всего оборудования по пути передвижения дрона. Данное достоинство, позволяет более точно и своевременно предсказывать возможные неисправности на линии и своевременно приступать к их устранению, что в свою очередь снижает вероятность повреждения исправного оборудования. Третье достоинство, выезжающая бригада на ликвидацию поврежденного участка, всегда в курсе что именно произошло, видят всю местность вокруг и тип повреждения, что способствует своевременному взятию

нужного оборудования и в зависимости от местности, выбору нужного транспорта для ликвидации ОЗЗ и КЗ.

Данный метод заключается в размещении на дроне схемы для выявления высших гармоник и передачи данных обслуживающему персоналу (рис. 1) [4].

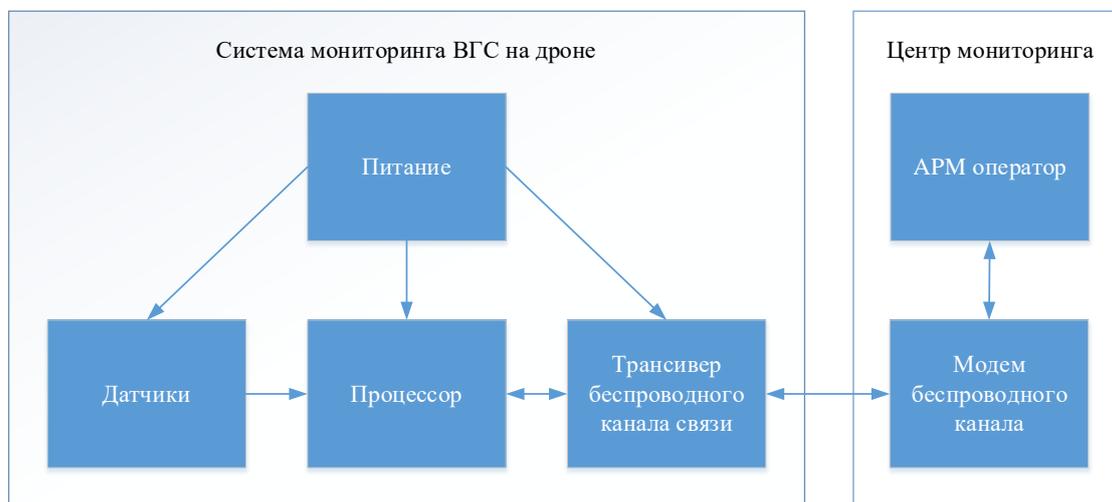


Рис. 1. Схема взаимодействия оборудования, размещенного на дроне, и центром мониторинга

Разработка и внедрение автономных автоматических систем для поиска коротких замыканий позволит улучшить надежность электроснабжения и снизить время на локализацию поврежденных линий. Дрон способен полностью заменить человеческий труд в поисках места повреждения, что, в свою очередь, позволит в более короткие сроки проводить ликвидацию и нормализацию системы электроснабжения. хранение данных на сервере, что дает возможность в любой необходимый момент получить необходимые данные 24/7.

Библиографический список

1. Barinov, V. Damage to cable lines in JSC “Lenenergo” and the impact on it of overvoltage in electrical networks / V. Barinov // CABLE-news. – 2013. – No. 1. – P. 30 – 33.
2. Айзенфельд, А. И. Определение мест короткого замыкания на линиях с ответвлениями / А. И. Айзенфельд, Г. М. Шалыт. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 208 с.
3. Кустов, А. Н. Надежность и эффективность в электросетевом комплексе за счет внедрения концепции «цифровой сети». В 4 т. / А. Н. Кустов, В. И. Зацепина // Инженерные технологии для устойчивого развития и интеграции науки, производства и образования : матер. Междунар. науч.-практ. конф. ; ФГБОУ ВО «ТГТУ», 29 – 31 мая 2019 г. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2019. – С. 263 – 266.
4. Victor A. Treating Harmonics in Electrical Distribution System / A. Victor. – Computer Power & Consulting, 1999. – 148 p.
5. Kustov, A. Analysis of transient regimes for single-phase short circuits in electrical lines with isolated and compensated neutral / A. Kustov, E. Zatsepin, V. Zatsepina // Proceedings – 2020 2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA 2020. – P. 949 – 951.

МОНИТОРИНГ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Б. В. Артемьев, К. В. Селиванов, Ф. С. Рыжов

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

Развитие и политическое лоббирование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) привело к значительному их распространению в настоящий момент. ВИЭ используются для получения механической, тепловой и электрической энергии. Наибольшие перспективы имеет генерация электроэнергии из ВИЭ благодаря возможности транспортировки и легкой конвертации в другие виды энергии. Отрицательной стороной получения электроэнергии из ВИЭ является меньший объем генерируемой мощности относительно установленной и ее стохастичность прихода. Для частичного нивелирования данной проблемы используются накопительные аккумуляторные батареи (АКБ), позволяющие накапливать мощность и, тем самым, компенсировать разность по времени и объемам между приходом мощности и ее потреблением [1].

В настоящий момент среди АКБ наиболее широкое применение нашли свинцово-кислотные, никель-металлогидридные и литий-ионные (Li-ion) аккумуляторные батареи [2].

У каждого вида АКБ есть свои положительные и отрицательные качества. Наиболее распространенными в настоящий момент являются свинцово-кислотные АКБ, благодаря отработанной технологии производства, универсальности и относительно недорогой стоимости. К сожалению, такие недостатки, как низкая плотность запасаемой мощности на единицу массы и относительно небольшое число циклов заряд/разряд, способствуют его вытеснению с рынка. Хорошими характеристиками обладают никель-металлогидридные АКБ, но они имеют недостаток в виде памяти по заряду. В настоящий момент наиболее прогрессивной, применяемой и перспективной технологией для АКБ является Li-ion технология [3].

Значительный срок службы, высокая плотность мощности на единицу массы, незначительная память заряда и другие положительные качества вывели технологию Li-ion АКБ в лидеры на потребительском рынке. Основное требование при эксплуатации Li-ion АКБ – это контроль и управление параметрами их работы. Основными параметрами работы Li-ion АКБ являются: напряжение (показывающее заряд), сила тока, температура, количество отработанных циклов и номинальная емкость. Значительное количество и сложность осуществления контролируемых параметров Li-ion АКБ требуют использования электронного оборудования для контроля их состояния и обеспечения эксплуатации [4].

Существует четыре наиболее распространенных способа организации мониторинга аккумуляторных батарей: централизованный, распределенный, децентрализованный и модульный. Учитывая специфические черты электрогенерации из ВИЭ, наиболее подходящей системой мониторинга аккумуляторных батарей (СМБ) для Li-ion АКБ стоит считать децентрализованную систему. Преимуществами данной системы можно считать: масштабируемость, отсутствие проводной связи, возможность объединения в единый комплекс. Возможность разделения управленческих мощностей между центральным и собственным управлением и, тем самым, повышение надежности и управляемости.

Научная новизна работы заключается в определении лидирующей технологии Li-ion АКБ для использования в электроэнергетических комплексах на базе ВИЭ и выборе оптимальной системы мониторинга состояния аккумуляторных батарей для их использования в данных условиях – децентрализованная СМБ.

Отдельные результаты получены в рамках стипендиальной программы Президента РФ молодым ученым и аспирантам № СП-4607.2021.1.

Библиографический список

1. Yergin, D. The quest: energy, security and the remaking of the modern world / D. Yergin. – New York : Penguin Books, 2012.
2. Selivanov, K. V. Analysis of factors affecting the capacity of LI-ION rechargeable batteries at low temperatures / K. V. Selivanov, A. I. Vlasov, V. A. Shakhnov // Journal of Physics: Conference Series, Krasnoyarsk, Russian Federation, 25 сентября – 04 2020 года. – Krasnoyarsk, Russian Federation, 2020. – P. 22053.
3. Novel Objective Function Involving Integral Power Quality Criterion for Distributed Generation Planning / S. Gusev et al. // International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE). – Iasi, 2018. – P. 0982 – 0982
4. Артемьев, Б. В. Анализ систем мониторинга аккумуляторных батарей / Б. В. Артемьев, К. В. Селиванов, Е. Е. Яицкая // Научно-технический журнал «Технологии инженерных и информационных систем». – 2020. – № 4.

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

М. А. Каменская¹, Т. И. Чернышова¹, С. В. Артемова²

¹Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

*²Российский технологический университет-МИРЭА, Москва, Россия
(e-mail: art_mari@bk.ru, dekan_chti@mail.ru, sartemova@yandex.ru)*

Усложнение измерительной аппаратуры, повышенные требования к точности и все возрастающая роль электронных средств измерений (ЭСИ) в производственном процессе выдвигают на первый план задачу обеспечения метрологической надежности (МН), определяемую характером и темпом изменения нормируемых метрологических характеристик (МХ) проектируемых и эксплуатационных электронных средств измерений.

Существуют два основных подхода к проблеме оценки и прогнозирования МН ЭСИ. Первый подход заключается в проведении длительных испытаний ЭСИ на стабильность, причем срок проведения испытаний должен совпадать с длительностью эксплуатации данного ЭСИ. Это обстоятельство приводит к тому, что стоимость испытаний возрастает и сроки, отводимые на проектирование ЭСИ, значительно меньше в сравнении с временем для проведения испытаний. В основе второго подхода лежит математическое моделирование нестационарных случайных процессов изменения во времени метрологических характеристик

исследуемых ЭСИ с использованием аппарата аналитико-вероятностного прогнозирования. Применение такого подхода позволяет оценить и прогнозировать МН ЭСИ как на этапе проектирования, так и эксплуатации без проведения длительных экспериментов по определению долговременной стабильности метрологических характеристик электронных средств измерений.

Разнообразие элементной базы ЭСИ и соответствующих ей математических моделей приводит к необходимости создания информационно-аналитической системы (ИАС), позволяющей реализовать методы оценки и прогнозирования МН различных ЭСИ. ИАС дает возможность прогнозировать состояния МХ ЭСИ с применением процедур математического моделирования и, таким образом, позволяет решить задачу оценки МН ЭСИ на этапе предстоящей эксплуатации.

В ИАС реализован метод оценки метрологической надежности, базирующийся на построении математических моделей изменения во времени метрологических характеристик, проектируемых ЭСИ, с использованием аппарата аналитико-вероятностного прогнозирования. В основу метода положено математическое моделирование нестационарных случайных процессов изменения во времени метрологических характеристик ЭСИ. При этом общий вид математической модели может быть представлен зависимостью:

$$S = F(x, \bar{\xi}, \bar{\varphi}) = F(x, \xi_1, \dots, \xi_n, \varphi_1, \dots, \varphi_m), \quad (1)$$

где x – значение входного сигнала; ξ_1, \dots, ξ_n – параметры комплектующих элементов; $\varphi_1, \dots, \varphi_m$ – внешние влияющие факторы.

ИАС реализует статистическое моделирование временных изменений МХ ЭСИ и формирует математическую модель изменения во времени МХ, которая представляет совокупность аналитических зависимостей, полученных для функций изменения во времени математического ожидания $M_S(t)$, и функций, характеризующих изменение во времени границ отклонения возможных значений МХ от ее математического ожидания $\psi_{\pm\sigma}(t) = M_S(t) \pm c\sigma_S(t)$, где $\sigma_S(t)$ – изменение во времени среднеквадратического отклонения исследуемой метрологической характеристики, c – постоянный коэффициент, выбираемый в зависимости от заданного уровня доверительной вероятности P и закона распределения метрологической характеристики.

ИАС позволяет производить выбор оптимального математического описания изменения во времени МХ ЭСИ с выводом результатов в таблицы и построением соответствующих графических зависимостей, исходя из возможного вида аппроксимационных зависимостей для функций $M_S(t)$ и $\psi_{\pm\sigma}(t)$.

Точность и достоверность результатов прогноза определяется адекватностью принятой математической модели. Как правило, наиболее приемлемыми являются нелинейные математические модели процессов изменения во времени МХ: экспоненциальные; логарифмические; полиномиальные; рациональные; авторегрессионные.

Таким образом, разработанная информационно-аналитическая система позволяет оценить и прогнозировать МН ЭСИ как на этапе проектирования, так и эксплуатации без проведения длительных экспериментов по определению долговременной стабильности МХ ЭСИ с достаточной для практики точностью и достоверностью.

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ
В ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ****ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ФИЛЬТРОВ С ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕМ
ПО НЕВЯЗКЕ И МЕДИАННЫМ СГЛАЖИВАНИЕМ**

В. С. Аустов, М. В. Алексеев, В. В. Маслина

*Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(e-mail: aistov.volk-vovan@mail.ru; alexeew41@gmail.com; vika.maslina@gmail.com)*

В условиях стремительного развития технологии дистанционного пилотирования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) возникает проблема их противоправного использования. В связи с этим встает важный вопрос своевременного обнаружения и как можно более точного отслеживания объекта. Однако для точного определения координат БПЛА недостаточно обычных систем слежения, потому что, кроме того, что сигнал наблюдается на фоне шума, координаты легкого маневренного БПЛА скачкообразно изменяются [1, 2].

Данную проблему частично может решить вторичная обработка сигналов, полученных с выхода первичного измерителя. Использование одного универсального фильтра не дает достаточную точность, в связи с чем предлагается использование системы, состоящей из нескольких фильтров, и переключением между их показаниями на основе статистического анализа разности между первичным значением параметров сигнала и предсказанным.

Рассмотрим рис. 1, где красной линией обозначен сигнал, полученный с системы отслеживания, синей линией обозначен сигнал, полученный с широкополосного фильтра, коричневой – с узкополосного фильтра.

Данный рисунок наглядно демонстрирует, что использование широкополосного фильтра целесообразно в тех областях, где изменение параметров входного сигнала быстрое, тогда как использование узкополосного фильтра дает более точное значение в областях медленного изменения.

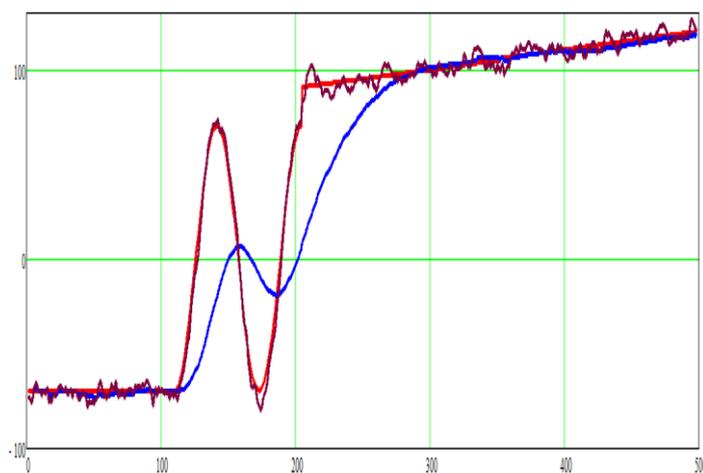


Рис. 1. Оценки параметров сигнала

Однако, если при быстром перемещении БПЛА наименьшую ошибку выдает узкополосный фильтр, то при плавном перемещении объекта возможна слишком сильная загруженность компаратора из-за большого количества переключений, связанных с шумовой составляющей невязки. Для того чтобы избавиться от чрезмерной нагрузки компаратора предложен вариант использования медианного сглаживания.

Медианная фильтрация проста и реализуется в виде процедуры локальной обработки отсчетов, которое включает в себя определенное количество отсчетов сигнала. Средний по своему положению отчет в ранжированном списке называется медианой рассматриваемой группы отсчетов. Этим отсчетом заменяется центральный отчет в окне для обрабатываемого сигнала. По этой причине медианный фильтр относится к числу нелинейных фильтров. Он замещает медианным значением аномальные точки и выбросы независимо от их амплитудных значений.

Алгоритм медианной фильтрации обладает выраженной избирательностью к элементам массива с немонотонной составляющей последовательности чисел в пределах апертуры и наиболее эффективно исключает из сигналов одиночные выбросы, отрицательные и положительные, попадающие на края ранжированного списка. С учетом ранжирования в списке медианные фильтры хорошо подавляют шумы и помехи, протяженность которых составляет менее половины окна.

На рисунке 2 синей линией обозначена невязка узкополосного фильтра, красной линией обозначена невязка широкополосного фильтра, а фиолетовой линией – сигнал переключения компаратора.

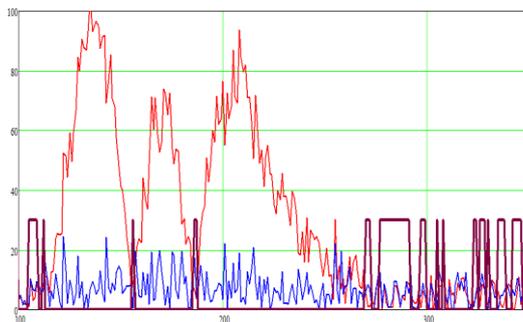


Рис. 2. Невязки фильтра и сигнал переключения при медианном сглаживании

Таким образом, отслеживание поведения БПЛА с помощью системы фильтров и медианным сглаживанием показало малую величину ошибки измерений, а также значительно снизило нагрузку на переключение компаратора (табл. 1).

1. Погрешности фильтров

Количество отсчетов	Маневр	Без маневра
1	2,058	1,905
3	1,951	1,688
5	1,887	1,674
7	1,951	1,692
9	1,923	1,757

В таблице приведены оценки погрешностей [3], полученные при имитационном моделировании. Моделирование проводилось при использовании медианного фильтра с различным количеством отсчетов. Из анализа результатов видно, что оптимальное количество отсчетов при данном моделировании равно пяти. В целом, результаты моделирования показали эффективность данного подхода.

Библиографический список

1. Synthesis of Algorithm for Range Measurement Equipment to Track Maneuvering Aircraft Using Data on Its Dynamic and Kinematic Parameters / A. P. Pudovkin, Yu. N. Panasyuk, S. N. Danilov, S. P. Moskvitin // Journal of Physics : Conference Series. – 2018. – V. 1015, Is. 3, article id. 032111.
2. Synthesis of channel tracking for random process parameters under discontinuous variation / A. P. Pudovkin, Yu. N. Panasyuk S. N., Danilov S. P. Moskvitin // Journal of Physics : Conference Series. – 2018. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112.
3. Курносков Р. Ю., Чернышова Т. И., Каменская М. А. Современные технологии в задачах управления, автоматике и обработки информации / Р. Ю. Курносков, Т. И. Чернышова, М. А. Каменская : сб. тр. XXVII Междунар. науч.-техн. конф., 14 – 20 сентября 2018 г., Алушта. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018. – 280 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ФИЛЬТРОВ С ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕМ ПО НЕВЯЗКЕ И СГЛАЖИВАНИЕМ ПО БАТТЕРВОРТУ

М. В. Алексеев, В. С. Аустов, В. В. Маслина, С. Н. Данилов

Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов

(e-mail: alexeew41@gmail.com; aistov.volk-vovan@mail.ru;

vika.maslina@gmail.com; plabz@mail.ru)

Необходимость наиболее точного и быстрого отслеживания координат БПЛА вызвана участвовавшими случаями их противозаконного использования.

При первичном измерении координат необходимо учитывать шумовую составляющую, которая обусловлена известными факторами [1 – 3].

Для минимизации влияния шумовой составляющей на принимаемый сигнал используется система фильтров – узкополосного и широкополосного.

Проблема состоит в том, что величина невязки (т.е. разницы между предсказанным и измеренным значением) для узкополосного и широкополосного фильтров могут быть разными. Причем, эта разница может быть значительной. В связи с этим целесообразным представляется использование компаратора, который бы переключался между фильтрами в зависимости от того, с какого из них приходит сигнал с меньшим значением невязки. Сам процесс переключения для промежутка интенсивного маневра (шаги моделирования 0 – 100) изображен на рис. 1, а для отсутствия маневра (шаги 400 – 440) на рис. 2.

Красной линией на графиках изображена невязка узкополосного фильтра, синими точками – невязка широкополосного фильтра, а фиолетовым пунктиром – работа переключателя. Из графиков видно, что компаратор перегружен слишком частыми переключениями.

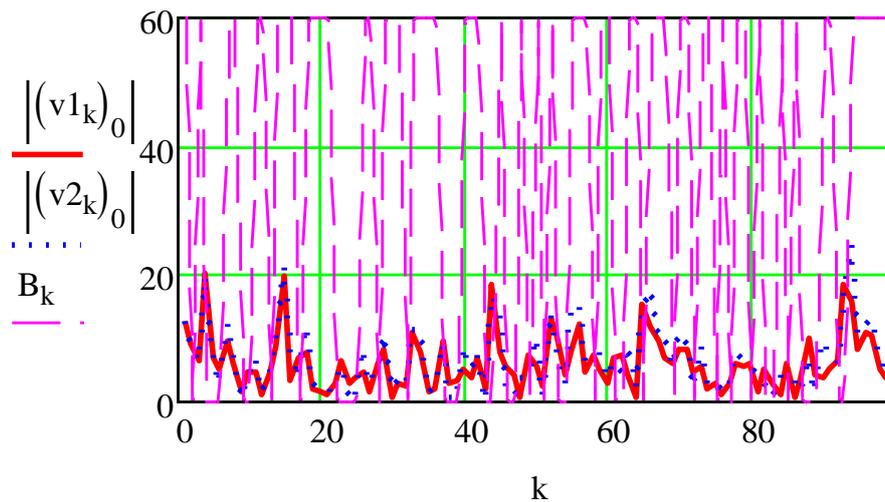


Рис. 1. Изображение процесса переключения между фильтрами на промежутке от 0 до 100

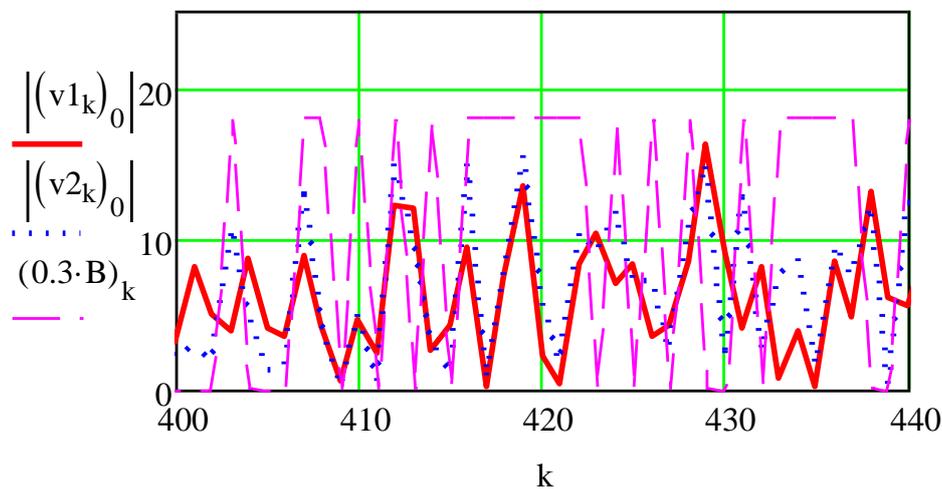


Рис. 2. Изображение процесса переключения между фильтрами на промежутке от 400 до 440

Было исследовано влияние на работу компаратора невязки, прошедшей через ФНЧ, который помог снизить число переключений между фильтрами и уменьшить время работы фильтра с большей ошибкой. В качестве ФНЧ использовался цифровой фильтр Баттерворта третьего порядка:

$$y_{1kk} := \sum_{m=0}^3 [b_m \cdot (v_{1kk-m})_0] - \sum_{m=1}^3 (a_m \cdot y_{1kk-m}) ,$$

где b_m и a_m – коэффициенты, зависящие от порядка фильтра.

Использование ФНЧ Баттерворта оправдано, так как помогает уменьшить количество переключений в компараторе, что наглядно представлено на рис. 3 и 4. Также данный метод помогает уменьшить среднюю величину ошибки. Так, средняя величина ошибки при использовании парциального фильтра была равна 2,765, тогда как при использовании ФНЧ Баттерворта ее величина уменьшается до 1,905. Из анализа результатов видно, что в целом, данный подход эффективен.

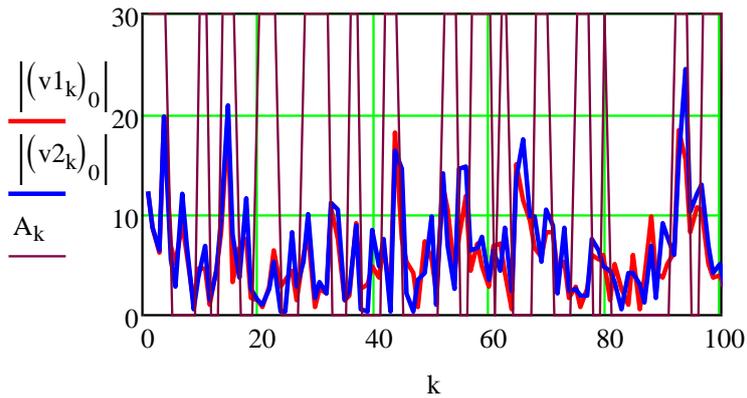


Рис. 3. Изображение процесса коммутации между фильтрами при включении фильтра Баттерворта на промежутке от 0 до 100

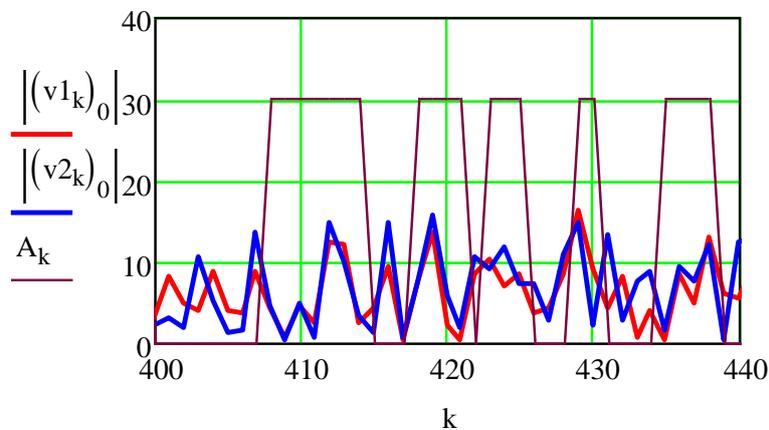


Рис. 4. Изображение процесса коммутации между фильтрами при включении фильтра Баттерворта на промежутке от 400 до 440

Библиографический список

1. Pudovkin, A. P., Panasyuk, Yu. N., Danilov, S. N., Moskvitin, S. P. Synthesis of Algorithm for Range Measurement Equipment to Track Maneuvering Aircraft Using Data on Its Dynamic and Kinematic Parameters // Journal of Physics: Conference Series, Volume 1015, Issue 3, article id. 032111 (2018).
2. Pudovkin, A. P., Panasyuk, Yu. N., Danilov, S. N., Moskvitin, S. P. Synthesis of channel tracking for random process parameters under discontinuous variation. – Journal of Physics: Conference Series, Volume 1015, Issue 3, article id. 032112 (2018).
3. Курносов, Р. Ю. Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации / Р. Ю. Курносов, Т. И. Чернышова, М. А. Каменская // сб. тр. XXVII Междунар. науч.-техн. конф., 14 – 20 сентября 2018 г., Алушта. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018. – 280 с.

ОСОБЕННОСТИ ЛЕТНЫХ ПРОВЕРОК СРЕДСТВ РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ НА АЭРОДРОМАХ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ

Р. А. Баранов, А. М. Васильченко, К. Ю. Ненашев

*Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия
имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия*

Развитие сетей сотовой связи оказывает существенное влияние на работу радиотехнических систем ближней навигации аэродромов, уменьшает дальность действия маяков.

При выполнении первичной летной проверки радиотехнической системы ближней навигации (РСБН) подлежат контролю следующие характеристики:

- дальность действия;
- радиус нерабочей зоны над радиомаяком;
- точность измерения азимута и дальности на борту воздушного судна (ВС) и точность индикации на выносном индикаторе кругового обзора (ВИКО);
- устойчивость показаний азимута и дальности при выполнении предпосадочного маневра.

Процедура определения характеристик РСБН предусмотрена методикой выполнения летных проверок радиомаячных систем инструментального захода воздушных судов на посадку и радиотехнических систем ближней навигации (далее – Методика) [1].

Фактически полеты воздушного судна лаборатории (ВСЛ) выполняются на высотах не более 1000 м, при этом на малых высотах на удалении, как правило, более 45 км устойчивые показания азимута и дальности на борту ВСЛ не отмечаются. Так как точность показаний азимута и дальности при выполнении летной проверки РСБН на малых высотах не определяется, а на средних высотах точность пролета над ориентиром с допустимой погрешностью не фиксируется, то к определению минимальной высоты, на которой сохраняются устойчивые показания азимута и дальности [1] экипаж ВСЛ не приступает.

Нормативные документы допускают использование радиотехнических средств обеспечения полетов при ухудшении параметров. Проблемой является тот факт, что руководящими документами не установлена норма, содержащая конкретные допуски понятия «незначительные ухудшения технических характеристик».

Принятие решения по определению пригодности системы к обеспечению полетов возложено на начальника лаборатории, разрабатывающего акт летной проверки. На основании несоответствия дальности действия РСБН на высоте 1000 м начальником ВСЛ в акте прописывается вывод: «радиотехническая система ближней навигации не соответствует требованиям нормативно-технической документации, не пригодна для обеспечения полетов».

В акте летной проверки РСБН при составлении вывода и пригодности системы к обеспечению полетов отдельно прописано оценивать работу системы при полетах в зонах пилотирования аэродрома, использовании воздушных трасс, а также при построении предпосадочного маневра.

Как показывает практика, РСБН обеспечивает предпосадочный маневр, радионавигацию при использовании воздушных трасс. Отклонения в работе по причине наличия непреднамеренных помех проявляются на малых высотах в зонах пилотирования.

На основании полученных данных старший авиационный начальник аэродрома принимает решение об использовании системы РСБН с учетом ограничений.

Библиографический список

1. Приказ Министерства транспорта РФ от 20 октября 2014 г. N 297 «Об утверждении Федеральных авиационных правил «Радиотехническое обеспечение полетов воздушных судов и авиационная электросвязь в гражданской авиации» [Электронный ресурс] / URL : <https://mintrans.gov.ru/file/400418> (дата обращения: 14.10.2021).

ВОЗДЕЙСТВИЕ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СЛОИСТУЮ СТРУКТУРУ МОНОКРИСТАЛЛА КРЕМНИЯ НА ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПОДЛОЖКЕ

О. В. Гафуров¹, Р. Б. Хамрокулов¹, С. Н. Данилов², У. Р. Наимов¹

*¹Таджикский национальный университет, Душанбе, Таджикистан
(e-mail: h.rajabmurod@mail.ru)*

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

Актуальной проблемой современной электроники является использование новых физических явлений и эффектов в пьезокристаллах для создания твердотельных устройств. Широкими возможностями для обработки информации обладают акустоэлектронные приборы, созданные на их основе [1 – 3].

К новым акустоэлектронным приборам, полученным с использованием радиационной технологии с учетом радиационно-стимулированных явлений, относятся некоторые устройства типа усилитель на поверхностных акустических волнах (ПАВ).

Данная работа посвящена исследованию механизма деградации параметров слоистых структур кремний-ниобат лития при воздействии проникающей радиации. Ионизирующее излучение изменяет физические параметры пьезоэлектрических кристаллов и приводит к образованию зарядового состояния как на поверхности кристалла, так и внутри его, что естественно приводит к изменению величины постоянных распространения ПАВ. Эти изменения выражаются в искажении формы сигнала.

Исследование влияния ионизирующего излучения на устройства с воздушным зазором, работающие в качестве запоминающего коррелятора, показало, что ранее записанные сигналы стирались при мощности дозы $\geq 10^6$ рад.

Полученные экспериментальные результаты интерпретированы на основе использования следующей модели.

Фотоносители, возбуждаемые ионизирующим облучением в обедненном слое, захватываются ловушками на границе раздела кремний-воздух для устройств с воздушным зазором и на границе кремний-окись кремния для монокристаллической конструкции [4].

Таким образом, представленная модель, учитывающая ловушки не на границе раздела, объясняет большинство эффектов, вызывающих изменение выходного ВЧ-сигнала и имеет непосредственный выход в технологию производства акустоэлектронной аппаратуры, предназначенной для работы в особо сложных экстремальных условиях эксплуатации.

Библиографический список

1. Growth and concentration dependencies of rare-earth doped lithium niobate single crystals / M. N. Palatnikov, I. V. Bizyкова, N. V. Sidirov et al. // J. Crystal Growth. – 2006. – V. 291. – P. 390 – 397.
2. Абасов, Ф. П. Влияние γ -облучения на электрофизические и фотоэлектрические параметры двухбарьерной структуры на основе кремния / Ф. П. Абасов, Б. А. Наджафов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 10-3. – С. 454 – 456.
3. Особенности образования радиационных дефектов в слое кремния структур «кремний на изоляторе» / К. Д. Щербачев, В. Т. Вублик, В. Н. Мордкович, Д. М. Пажин // ФТП. – 2011. – С. 754 – 758.
4. Махсудов, Б. И. Влияние гамма-облучения на излучательные характеристики лазерных гетероструктур / Б. И. Махсудов // Квантовая электроника. – 2012. – Т. 42, № 8. – С. 745 – 746.

ОЦЕНКА КООРДИНАТ ЦЕЛИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ О ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ

С. Н. Данилов, У. Р. Наимов

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия,
Таджикский национальный университет, Душанбе, Таджикистан
(e-mail: umed87-88@mail.ru, plabz@mail.ru)*

Воздействие различных видов помех на каналы радиолокационной системы может привести к ухудшению точности сопровождения, а в ряде случаев – к потере информации о координатах цели [1].

При больших расстояниях до цели восстановление информации о них происходит в алгоритмах вторичной обработки информации в бортовой ЭВМ путем инерционного сопровождения цели. Однако способность цели к маневрированию делает данный алгоритм непригодным для достаточно точного определения координат цели.

Рассмотрим возможность оценки угловых координат на основе величин углов ориентации цели в пространстве [2]. Будем считать, что вектор скорости цели $V_{Ц}$ совпадает с осью летательного аппарата (цели); маневры самолетов характеризуются высоким поперечным ускорением и низким продольным; учитывая, что параметры собственного движения истребителя могут быть измерены достаточно точно, будем считать, что бортовая РЛС неподвижна в пространстве. Для угломера относительное перемещение цели и истребителя может быть задано в виде изменения дальности и угловой скорости линии визирования в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Если воспользоваться составляющими скорости V_x , V_y , V_z , заданными в трехмерной системе координат, то получим:

$$\begin{aligned} V_{xл} &= V_x \cos \varepsilon_\Gamma \cos \varepsilon_B + V_z \sin \varepsilon_\Gamma \cos \varepsilon_B + V_y \sin \varepsilon_B; \\ V_{yл} &= -V_x \cos \varepsilon_\Gamma \sin \varepsilon_B - V_z \sin \varepsilon_\Gamma \sin \varepsilon_B + V_y \cos \varepsilon_B; \\ V_{zл} &= -V_x \sin \varepsilon_\Gamma + V_z \cos \varepsilon_\Gamma, \end{aligned}$$

где $V_{xл}$, $V_{yл}$, $V_{zл}$ – составляющие вектора скорости в лучевой системе координат; ε_Γ , ε_B – углы наклона линии визирования в горизонтальной и вертикальной плоскости, соответственно.

Обозначив θ – угол наклона траектории к плоскости горизонта; ϕ – угол поворота траектории относительно заданного направления; ε_Γ , ε_B – углы наклона линии визирования в горизонтальной и вертикальной плоскости, соответственно; D – дальность до цели; ψ и ϑ – углы ориентации цели в пространстве, после некоторых тригонометрических преобразований [3] получим систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \dot{D} = \frac{V_{ц}}{2} [\cos(\vartheta - \varepsilon_B)(1 + \cos(\psi - \varepsilon_\Gamma)) + \cos(\vartheta + \varepsilon_B)(\cos(\psi - \varepsilon_\Gamma) - 1)]; \\ \dot{\varepsilon}_B = \frac{V_{ц}}{2D} [\sin(\vartheta + \varepsilon_B)(1 - \cos(\psi - \varepsilon_\Gamma)) + \sin(\vartheta - \varepsilon_B)(\cos(\psi - \varepsilon_\Gamma) + 1)]; \\ \dot{\varepsilon}_\Gamma = \frac{V_{ц}}{D} \cos \vartheta \sin(\psi - \varepsilon_\Gamma). \end{cases}$$

Полученный алгоритм позволяет прогнозировать дальность и угловые координаты цели. Начальными условиями для алгоритма являются значения дальности до цели, скорости цели и углов визирования цели в горизонтальной и вертикальной плоскостях, на момент пропадания информации о них от РЛС. Входной информацией являются углы ψ и ϑ .

Анализ работоспособности алгоритма проводился на примере сопровождения одной цели при условии, что она движется прямолинейно и с постоянной скоростью. При этом погрешности оценки углов ориентации σ_ψ и σ_ϑ считались равными 1° . Погрешности оценки для 1500 шагов прогноза составили для дальности примерно 30 м, для углов в горизонтальной и вертикальной плоскости 0,3 и $0,07^\circ$.

Если алгоритм вычисления дальности и угловых координат цели применять для одной плоскости – горизонтальной, как основной плоскости при маневрировании, то полученная система дифференциальных уравнений значительно упрощается.

Библиографический список

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

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДАЛЬНОМЕРНОГО КАНАЛА С АДАПТИВНОЙ ФИЛЬТРАЦИЕЙ

Д. О. Жалнин, В. В. Терехов

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: zhalnin10@mail.ru, Vladimir98.98@mail.ru)*

Для создания современных автоматизированных систем управления воздушным движением информационно-измерительных систем требуется обеспечить высокую точность, скорость и устойчивость получения информации о положении ВС. Использование специальных алгоритмов обработки повышает качество данных. Широкое распространение получил фильтр Калмана [1, 2]. Это эффективный рекурсивный фильтр, оценивающий вектор состояния динамической системы, используя ряд неполных и зашумленных измерений.

Однако, при таком синтезе полагается, что модель системы и наблюдений не меняется с течением времени. В реальной же ситуации обеспечить это условие практически невозможно. Смена погодных условий, замирания сигнала в канале распространения, изменение местоположения объекта на фоне плотных застроек городской среды и другие факторы приводят к значительным флуктуациям отношения сигнал/шум (ОСШ), а, следовательно, изменяется и ковариационная матрица полезных наблюдений. Модель движения также может претерпевать существенные изменения – маневры [2, 4, 5].

Для решения этой проблемы необходимо добавить в полученный алгоритм способ подстройки системы оценки координат к изменяющимся условиям. Существует несколько основных методов адаптивной фильтрации, первым из которых является метод уточнения ковариации по обновляющему процессу. Данный подход основан на идее, что ковариационную матрицу шума наблюдения возможно оценить по ковариационной матрице невязок:

$$R_o(k) = \frac{1}{N} \sum_{i=i_0}^k \Delta z(k) \Delta z^T(k) - H P_3(k) H^T. \quad (1)$$

Второй способ – это использование алгоритма с плавной подстройкой. Смысл данного алгоритма в том, чтобы в случае возрастания ковариации невязки наблюдений по сравнению с ее ожидаемым значением медленно повышать ковариационную матрицу вектора состояния:

$$P_3(k) = \lambda(k) \Phi(k) P_o(k-1) \cdot \Phi^T(k) + Q_x(k), \quad (2)$$

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

$$\lambda(k) = \max \left\{ 1, \frac{\text{tr}[C_0(k) - R(k) - H Q_x(k) (k) H^T]}{\text{tr}[H \Phi P_o(k) \Phi^T H]} \right\}, \quad (3)$$

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

$$C_0(k) = \frac{\lambda(k-1) \Delta z(k-1) \Delta z^T(k-1)}{1 + \lambda(k-1)}. \quad (4)$$

Однако каждый из этих методов имеет свои недостатки. Использование параллельного анализа обновляющей последовательности первого метода и регулировки ковариационной матрицы ошибки вектора состояний второго метода компенсирует их.

Таким образом, метод уточнения ковариации по обновляющему процессу улучшает точностные характеристики фильтра при условии, если изменяется ковариация невязки шума

наблюдения, метод адаптивного алгоритма с плавной подстройкой улучшает точностные характеристики фильтра, если изменяются динамические параметры модели системы.

Взаимная работа двух методов позволит алгоритму обеспечить максимальную эффективность измерений при различных маневрах воздушного судна.

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. Glustin, A. P. Pudovkin, Yu. N. Panasyuk et al. // 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. Pudovkin, A. P., Panasyuk, Yu N., Danilov, S. N., Moskvitin, S. P. 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. – 2018. – V. 1015, Is. 3, 22 May 2018.

НАГРЕВАТЕЛИ С САМОРЕГУЛИРОВАНИЕМ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ОСНОВЕ НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ ДЛЯ ТЕПЛОВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ

Н. В. Земцова, А. В. Кобелев, А. В. Щегольков

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

Тепловентиляционное оборудование с электрическими нагревателями активно используется для создания комфортных температурных условий в помещениях различного назначения и объема, а также в транспортных средствах и, в особенности, в электромобилях. Для преобразования электрической энергии в тепловую используются высокоомные проводники, которые в ряде случаев могут быть как металлическими, керамическими, так и полимерными. Применение полимерных нагревателей открывает широкие перспективы для создания адаптированных под воздушные потоки нагревательных элементов, что связано с высокой вариативностью и производительностью технологий получения полимеров. Стоит учитывать, что жизненный цикл полимерных материалов предполагает эффективную вторичную переработку или возможность вторичного использования для других функциональных задач.

Класс полимерных материалов включает как термопласты, реактопласты, так и эластомеры. Электротермическое преобразование – присущие гибким электропроводящим эластомерам [1 – 5] может быть использовано в различных технологических задачах, где необходимо применение тепловентиляционного оборудования с различными режимами. УНТ позволяют сформировать электропроводящие сети в эластомерах [4, 5].

С помощью тепловизора «Testo-875-1» с оптическим объективом 32×23° (Германия, Testo) с выдержкой расстояния – 10 см от контрольной поверхности в затемненном помещении было проведено исследование температурного поля на поверхности эластомера (кремнийорганического компаунда) с МУНТ. Полученный тепловизионный снимок эластомера (рис. 1) анализировался с помощью программного обеспечения IRSoft v4.9 SP1.

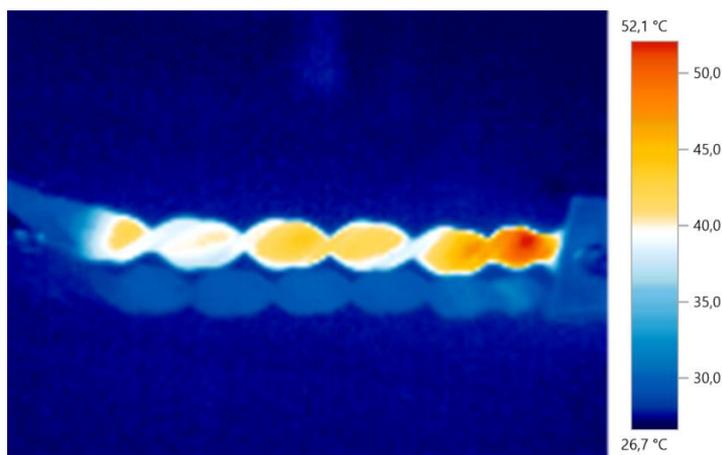


Рис. 1. Термограмма поверхности образца эластомера с МУНТ при кручении

Проведенные исследования (рис. 1) показывают, что эластомер с МУНТ обладает возможностью к тепловыделению в условиях механического скручивания. В ряде случаев способность к скручиванию с разными углами упрощает компоновку таких нагревателей в различных тепловентиляционных установках и обеспечивает улучшенный теплообмен с воздушным потоком при более компактном расположении нагревательных элементов.

Библиографический список

1. A hyper-stretchable elastic-composite energy harvester / C. K. Jeong, J. Lee, S. Han et al. // *Adv. Mater.* – 2015. – V. 27. – P. 2866 – 2875.
2. Large-area, stretchable, super flexible and mechanically stable thermoelectric films of polymer/carbon nanotube composites / L. Liang, C. Gao, G. Chen, C. Y. Guo // *J. Mater. Chem. C.* – 2016. – V. 4. – P. 526 – 532.
3. Stretchable pumps for soft machines / V. Cacucciolo, J. Shintake, Y. Kuwajima et al. // *Nature* 572. – 2019. – P. 516 – 519.
4. Electrical conductivity of carbon nanotube/poly (vinylidene fluoride) composites prepared by high-speed mechanical mixing / Q. Liu, J. Tu, X. Wang et al. // *Carbon.* – 2012. – V. 50, Is. 1. – P. 339 – 341.
5. Highly stretchable, fast thermal response carbon nanotube composite heater / Xu Fujun, Mohamed Amine Aouraghe, Xing Xie // *Composites. Part A: Applied Science and Manufacturing.* – 2021. – V. 147. – P. 106471.

АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ САМОРЕГУЛИРУЮЩИХСЯ НАГРЕВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕПЛОВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ

Н. В. Земцова, В. А. Кобелева

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

МАИ, Москва, Россия

(e-mail: natasha_paramonova_68@mail.ru)

Новые технологии, связанные с высоким уровнем энергоэффективности, базируются на применении инновационных разработок в сфере материаловедения. Современные подходы в материаловедении направлены на объединение как функциональных, так и конструктивных свойств. Эти подходы имеют востребованности в различных технических задачах и особенно при создании энергоэффективных обогревателей для тепловентиляционных систем. Тепловентиляционные системы могут эксплуатироваться при повышенной влажности, а также в условиях, при которых происходят резкие температурные перепады. Это накладывает принципиальные требования к надежности нагревательных элементов. В ряде случаев высокоомные нагревательные элементы могут быть заменены на нагреватели, выполненные из полимеров с электропроводящими добавками [1, 2]. Такие материалы могут обладать положительным температурным коэффициентом сопротивления, что позволяет реализовать свойство саморегулирования температуры [2]. Реализация свойств саморегулирования температуры открывает принципиальные возможности, которые позволяют повысить энергоэффективность и снизить стоимость тепловентиляционной установки за счет снижения затрат на систему автоматического регулирования. Следует отметить, что полимерные композитные материалы позволяют создавать тепловентиляционные системы различного типоразмерного ряда и мощности, что связано с технологическими особенностями их получения. В частности, отработанные технологии, основанные на применении экструзивного оборудования, позволяют наладить массовое производство с высоким уровнем качества получаемых нагревательных элементов.

В качестве электропроводящих добавок в полимерный композит могут быть использованы углеродные нанотрубки (УНТ) [1, 2]. В свою очередь эффективность УНТ может быть повышена с помощью механоактивации, которая позволяет снизить массовую концентрацию вводимых УНТ, а также улучшить электрофизические свойства [3, 4]. Для реализации технологии механоактивации могут быть использованы устройства с телами помола, которые обеспечивают измельчение и улучшение электрохимических характеристик УНТ. В качестве оборудования можно использовать планетарные мельницы [5], а также аппарат вихревого слоя. Применение механической обработки для проводящих добавок может совмещаться с высокоскоростной механообработкой полимера совместно с УНТ [6], как утверждают авторы работы: с помощью высокоскоростного перемешивания удастся снизить пороги перколяции и улучшить распределения УНТ.

Таким образом, использование новых проводящих полимерных материалов с эффектом саморегулирования температуры в системах тепловентиляции позволяет повысить как надежность, так и эффективность. Для получения проводящих полимерных материалов с эффектом саморегулирования температуры обосновано как оборудование [3 – 6], так и материалы [1, 2], что дает возможность их активно применять, как для модернизации существующего тепловентиляционного оборудования, так и при создании принципиально нового.

Библиографический список

1. Electric heating behavior of reduced oxide graphene/carbon nanotube/natural rubber composites with macro-porous structure and segregated filler network / Y. Zhan, Y. Li, Y. Meng, Q. Xie, M. Lavorgna // *Polymers*. – 2020. – V. 12, No. 10, 2411. – P. 1 – 14.
2. Bao, S. P. Positive temperature coefficient effect of polypropylene/carbon nano-tube/montmorillonite hybrid nanocomposites / S. P. Bao, G. D. Liang, S. C. Tjong // *IEEE Trans Nanotechnol.* – 2009. – V. 8, No. 6. – P. 729 – 736.
3. Щегольков, А. В. Влияние механоактивации многослойных углеродных нанотрубок на электрофизические свойства наноструктурированных эластомеров / А. В. Щегольков, А. В. Щегольков // *Российский химический журнал*. – 2021. – Т. 65, № 4. – С. 88 – 94.
4. Щегольков, А. В. Многоступенчатая механоактивация МУНТ для улучшения перколяционных переходов в системе эластомер МУНТ: подходы для реализации и практика модификации эластомеров / А. В. Щегольков // *Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова*. – 2021. – Т. 19, № 2. – С. 58 – 67.
5. Stretchable pumps for soft machines / V. Caciucio, J. Shintake, Y. Kuwajima et al. // *Nature* 572. – 2019. – P. 516 – 519.
6. Electrical conductivity of carbon nanotube/poly(vinylidene fluoride) composites prepared by high-speed mechanical mixing / Q. Liu, J. Tu, X. Wang et al. // *Carbon*. – 2012. – V. 50, Is. 1. – P. 339 – 341.

РАДИОЛОКАЦИОННАЯ СИСТЕМА СЛЕЖЕНИЯ С АДАПТИВНО-ВЕРОЯТНОСТНОЙ ПРИВЯЗКОЙ ТРАЕКТОРИЙ ЦЕЛЕЙ

А. А. Иванков

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

Метод адаптивно-вероятностной привязки траекторий движения целей позволяет синтезировать алгоритмы привязки измеряемых координат при условии полной неопределенности соответствия их наблюдаемым целям при сопровождении нескольких целей одной РЛС. Его реализация на примере алгоритма сопровождения группы высокоманевренных воздушных целей описана в [1, 4]. В общем случае метод так же работает и при синтезе алгоритмов сопровождения целей любого вида – наземной, надводной или космической.

Обобщенная структурная схема радиолокационной системы слежения с адаптивно-вероятностной привязкой траекторий целей представлена на рис. 1. Она должна включать в себя многомерный дискриминатор, многомерный фильтр – идентификатор, вычислитель коэффициентов усиления, вычислитель расположения целей и обнаружитель помех. Внутренняя структура элементов схемы зависит от типа и размерности выбранной модели движения цели и структуры синтезированного на ее основе алгоритма сопровождения.

Многомерный дискриминатор служит для формирования наблюдаемых сигналов. Многомерный фильтр-идентификатор представляет собой набор замкнутых контуров слежения за параметрами модели целей. Вычислитель коэффициентов усиления производит расчет коэффициентов усиления усилителей невязки фильтра на каждом шаге вычислений по результатам оценок отслеживаемых параметров. Коэффициенты усиления контуров в общем случае могут быть переменными и зависеть от оцениваемых параметров [2]. Вычислитель расположения целей предназначен для определения наиболее вероятной комбинации расположения целей в пространстве относительно устройства измерения. На его выходе выдается информация о наиболее вероятном расположении целей в виде вектора оценки состояний $y_{оц}$. Обнаружитель помех позволяет определить какой сигнал поступил на вход системы сопровождения – полезный или помеховый, сравнивая его с опорным сигналом по определенному алгоритму [3]. В зависимости от решаемых задач он может определять, как наличие помехи, так и ее тип. С выхода обнаружителя помех информация поступает на устройство расстановки стробов разрешая или запрещая обработку информации. После обнаружения помехи система слежения должна перейти в режим «Память», при котором оценки параметров модели состояния алгоритма сопровождения (дальности, скорости и др.) будут формироваться по результатам экстраполяции с учетом оценок других параметров (угловой скорости, поперечного ускорения и др.).

На рисунке также изображены: УГ – управляемый гетеродин и ОГ – опорный генератор, управляемые сигналом оценки скорости с многомерного фильтра-идентификатора.

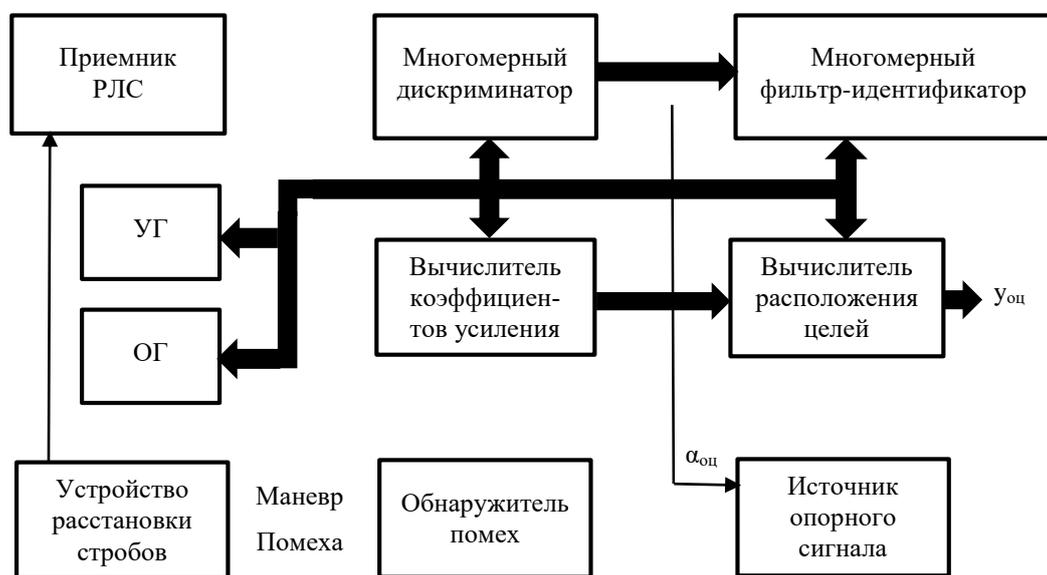


Рис. 1. Обобщенная структурная схема радиолокационной системы слежения с адаптивно-вероятностной привязкой траекторий целей

Библиографический список

1. Иванков, А. А. Разработка метода адаптивно-вероятностной привязки траекторий движения группы высокоманевренных воздушных целей / А. А. Иванков // Радиотехника. –

2. Иванов, А. А. Применение алгоритма адаптивной фильтрации в радиолокационном измерителе координат воздушных судов радиотехнической системы посадки / А. А. Иванов, Ю. Н. Панасюк // Радиотехника. – 2010. – № 5. – С. 41 – 45.

3. Иванов, А. А. Алгоритм обнаружения уводящих помех в системе сопровождения воздушных целей / А. А. Иванов, В. А. Малышев // Тамбовский ВВАИИ. – Тамбов, 2001. – 5 с. – ЦСИФ МО РФ Деп. 20.11.01, № В4856.

4. Иванов, А. А., Дискретный алгоритм сопровождения нескольких маневрирующих воздушных целей / А. А. Иванов, С. Н. Данилов, В. А. Малышев // Радиотехника. – 2000. – № 5. – С. 3 – 7.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ АНОМАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ КООРДИНАТ

А. А. Иванов, С. Н. Данилов

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: andreivanov6898@yandex.ru)*

Для определения координат местоположения подвижных наземных объектов в современных навигационных системах используется аппаратура приема (АП) сигналов спутниковых радионавигационных систем (СРНС). Основными достоинствами СРНС являются глобальность и высокая точность определения координат местоположения и параметров движения объекта. Однако АП СРНС имеет один существенный недостаток, связанный с тем, что в произвольные случайные моменты времени на точность определения псевдодальности между АП СРНС и навигационным космическим аппаратом (НКА), с которого принимается радиосигнал, существенное влияние оказывает ошибка, возникающая при выполнении процедуры измерений. Возникновение ошибки обусловлено следующими факторами: возможностью кратковременного отсутствия радиосигнала на входе АП СРНС из-за затенения приемной антенны; влиянием канала распространения на радиосигнал (ионосферные задержки сигнала; тропосферные задержки сигнала); возникновением многолучевости распространения радиосигнала, а также радиопомехами. В результате влияния данных факторов возможно аномальное (искаженное) измерение псевдодальностей. Аномальность измерения псевдодальности возникает вследствие захвата следящей системой АП СРНС шумовых выбросов. Возможность возникновения данного явления в АП СРНС обусловлено использованием моделирующей псевдослучайной последовательности (ПСП), описываемой последовательностью импульсов прямоугольной формы и малых отношениях сигнал/шум на входе приемного устройства.

Подтверждением возможности аномальных измерений в АП СРНС является проведенное в [1] моделирование апостериорного распределения задержки ПСП для различных отношений сигнал–шум. Проведенное моделирование показало, что при малых отношениях сигнал–шум апостериорное распределение является многомодальным и сильно изрезанным. При этом положение точки максимума апостериорного распределения может существенно отличаться от истинного значения.

Величина ошибки определения псевдодальности до навигационного космического аппарата (НКА) следящей системой аппаратуры приема связана с длительностью τ_n элементарной посылки псевдослучайной последовательности и лежит в пределах

$$[D_i^{\text{ист}} - c\tau_n, D_i^{\text{ист}} + c\tau_n],$$

где $D_i^{\text{ист}}$ – истинное значение псевдодальности до i -го, $i = \overline{1,4}$ НКА рабочего созвездия; c – скорость света. Вероятность захвата шумовых выбросов распределена по равномерному закону [2], поэтому дисперсия ошибки определения псевдодальности до НКА при значении длительности элементарной посылки псевдослучайной последовательности $\tau_n = 1 \times 10^{-6}$ с составляет 7500 м².

Для наземных подвижных объектов точность определения координат местоположения целесообразно определять только в горизонтальной плоскости. В СРНС для определения координат используется дальномерный метод. Координаты местоположения в горизонтальной плоскости определяются на основе пересечения двух линий положения, которые представляют собой псевдодальности до НКА. При использовании СРНС для определения координат местоположения подвижных наземных объектов всегда выполняются условия: измеренные псевдодальности являются независимыми (погрешности определения псевдодальностей НКА некоррелированы); наземный подвижный объект находится на большом удалении от НКА и погрешности измерения псевдодальностей много меньше этих расстояний. С учетом данных условий среднее квадратическое значение радиальной погрешности определения координат местоположения в горизонтальной плоскости определяется выражением

$$\sigma_r = \frac{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}}{\sin \alpha_M},$$

где σ_1, σ_2 – среднее квадратические значения погрешностей определения псевдодальностей до НКА; α_M – угол пересечения линий положения, сформированных на основе псевдодальностей. Полагаем идеальный случай – линии положения пересекаются под углом 90°, дисперсии погрешностей определения псевдодальностей одинаковы и равны подсчитанному значению $\sigma_1 = \sigma_2 = 7500$ м. В этом случае значение радиальной погрешности определения координат местоположения в горизонтальной плоскости будет иметь значение порядка 122,5 м, а максимальная ошибка радиальной погрешности определения координат местоположения наземного подвижного объекта имеет значение порядка 245 м.

Таким образом, при малых отношениях сигнал–шум могут возникать аномальные измерения псевдодальностей между АП СРНС и НКА. При возникновении аномальных измерений значительно ухудшается точность определения координат местоположения подвижного наземного объекта, максимальная ошибка радиальной погрешности определения координат местоположения может достигать значение порядка 245 м.

Библиографический список

1. Ярлыков, М. С. Марковская теория оценивания случайных процессов / М. С. Ярлыков, М. А. Миронов. – М. : Радио и связь, 1993.
2. Радиотехнические системы / Ю. П. Гришин, В. П. Ипатов, Ю. М. Казаринов и др. – М. : Высш. школа, 1990.

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АНИЗОТРОПНЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТОДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ

А. И. Казьмин, Д. П. Федюнин, П. А. Федюнин

*Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия
имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия
(e-mail: alek-kazmin@yandex.ru)*

Для улучшения характеристик радиопоглощающих материалов и покрытий (РППМ) их изготавливают в виде неоднородных армированных материалов. Исходя из этого, РППМ данного типа могут обладать анизотропией диэлектрической проницаемости. Существующие способы оценки диэлектрической проницаемости анизотропных диэлектрических материалов обладают низкой точностью и достоверностью проводимых измерений.

Физическая сущность разработанного способа определения компонент тензора комплексной диэлектрической проницаемости анизотропных РППМ заключается в том, что структура поля радиальной поверхностной электромагнитной волны (ПЭМВ), возбуждаемой в анизотропном РППМ, различна по двум направлениям осей поперечной анизотропии диэлектрической проницаемости (ϵ_x и ϵ_y) и определяется ее коэффициентом ослабления α (рис. 1).

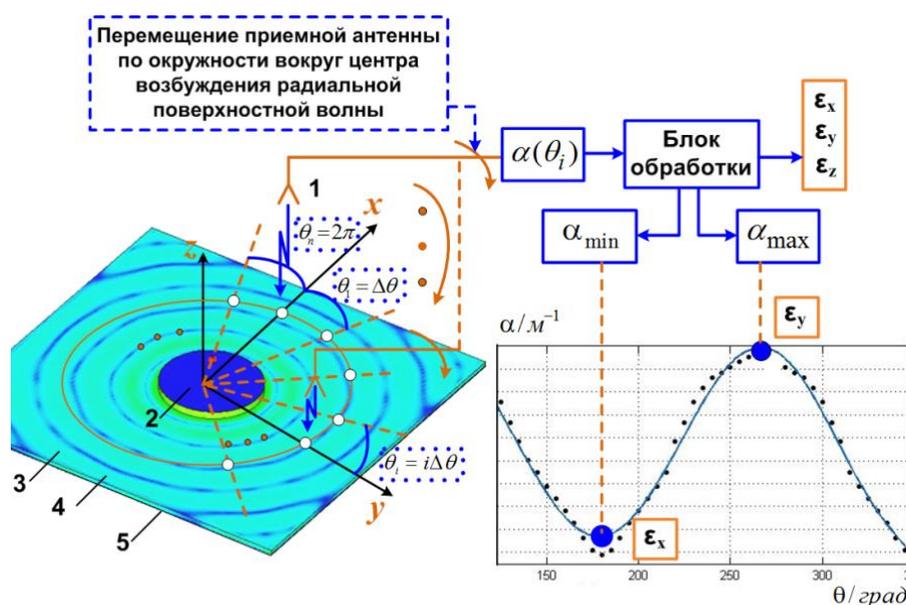


Рис. 1. Схема реализации способа определения электрофизических параметров анизотропных материалов и покрытий:

1 – приемная антенна; 2 – передающая антенна; 3 – поверхностная электромагнитная волны;
4 – исследуемое покрытие; 5 – металлическая подложка

Измерение коэффициента ослабления радиальной ПЭМВ как минимум на двух длинах волн λ_1 и λ_2 , в точках вдоль окружности с шагом по углу $\Delta\theta$, с центром, совпадающим с точкой ее возбуждения, позволяет построить угловую зависимость коэффициента ослабления радиальной ПЭМВ исследуемого РППМ $\alpha(i \cdot \Delta\theta)$, $i = 1, \dots, n$, из нее найти максимальное α_{\max} и минимальное α_{\min} значения, которые совпадают с направлениями осей поперечной

анизотропии диэлектрической проницаемости ε_x и ε_y , соответственно, а их значения и значение нормальной компоненты ε_z определяются путем решения системы дисперсионных уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sqrt{\frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_z} \left(\left(\frac{2\pi}{\lambda_1} \right)^2 \varepsilon_z - \left(\frac{2\pi}{\lambda_1} \right)^2 - \alpha_{\lambda_1(max)}^2 \right)} \cdot \tan \left(\sqrt{\frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_z} \left(\left(\frac{2\pi}{\lambda_1} \right)^2 \varepsilon_z - \left(\frac{2\pi}{\lambda_1} \right)^2 - \alpha_{\lambda_1(max)}^2 \right)} b \right) - \varepsilon_x \alpha_{\lambda_1(max)} = 0 \\ \sqrt{\frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_z} \left(\left(\frac{2\pi}{\lambda_1} \right)^2 \varepsilon_z - \left(\frac{2\pi}{\lambda_1} \right)^2 - \alpha_{\lambda_1(min)}^2 \right)} \cdot \tan \left(\sqrt{\frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_z} \left(\left(\frac{2\pi}{\lambda_1} \right)^2 \varepsilon_z - \left(\frac{2\pi}{\lambda_1} \right)^2 - \alpha_{\lambda_1(min)}^2 \right)} b \right) - \varepsilon_y \alpha_{\lambda_1(min)} = 0 \\ \sqrt{\frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_z} \left(\left(\frac{2\pi}{\lambda_2} \right)^2 \varepsilon_z - \left(\frac{2\pi}{\lambda_2} \right)^2 - \alpha_{\lambda_2(max)}^2 \right)} \cdot \tan \left(\sqrt{\frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_z} \left(\left(\frac{2\pi}{\lambda_2} \right)^2 \varepsilon_z - \left(\frac{2\pi}{\lambda_2} \right)^2 - \alpha_{\lambda_2(max)}^2 \right)} b \right) - \varepsilon_x \alpha_{\lambda_2(max)} = 0 \\ \sqrt{\frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_z} \left(\left(\frac{2\pi}{\lambda_2} \right)^2 \varepsilon_z - \left(\frac{2\pi}{\lambda_2} \right)^2 - \alpha_{\lambda_2(min)}^2 \right)} \cdot \tan \left(\sqrt{\frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_z} \left(\left(\frac{2\pi}{\lambda_2} \right)^2 \varepsilon_z - \left(\frac{2\pi}{\lambda_2} \right)^2 - \alpha_{\lambda_2(min)}^2 \right)} b \right) - \varepsilon_y \alpha_{\lambda_2(min)} = 0 \end{array} \right.$$

где $\alpha_{\lambda_1(max)}$, $\alpha_{\lambda_2(max)}$ – максимальное значение коэффициента ослабления на длинах волн λ_1 и λ_2 , соответственно; $\alpha_{\lambda_1(min)}$, $\alpha_{\lambda_2(min)}$ – минимальное значение коэффициента ослабления на длинах волн λ_1 и λ_2 , соответственно; b – толщина материала.

Разработанный способ и реализующее его устройство позволяет повысить точность и достоверность измерения диэлектрической проницаемости анизотропных диэлектрических материалов за счет оценки всех компонент тензора диэлектрической проницаемости в одном цикле измерения.

Библиографический список

1. Казьмин, А. И. Контроль диэлектрической проницаемости и толщины анизотропных диэлектрических покрытий методом поверхностных электромагнитных волн / А. И. Казьмин, П. А. Федюнин, Д. П. Федюнин // Дефектоскопия. – 2021. – № 6. – С. 57 – 72.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ СО СЛОЖНОЙ ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРОЙ С ПОМОЩЬЮ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

А. И. Казьмин

*Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия
имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия
(e-mail: alek-kazmin@yandex.ru)*

Для работы в диапазоне сверхвысоких частот в настоящее время получили распространение различные типы материалов и покрытий (МП) со сложной внутренней структурой. К подобным МП относятся многослойные материалы, материалы с анизотропией электрофизических параметров, метаматериалы и др. Вместе с тенденцией развития МП различных

типов возрастают и требования по точности и достоверности к методам, обеспечивающих оценку их электрофизических и геометрических параметров (ЭФГП). При этом для некоторых МП, в частности на основе метаматериалов отсутствуют методы локального определения их ЭФГП при одностороннем подходе.

В [1 – 3] развиты методы определения ЭФГП материалов и покрытий на основе поверхностных электромагнитных волн (ПЭМВ). В формализованном виде задача определения вектора ЭФГП ξ_j плоскостойких образцов диэлектрических и магнитодиэлектрических МП со сложной структурой по измеренным характеристикам поля ПЭМВ \mathbf{r}_j сводится к решению операторного уравнением первого рода:

$$\Theta_j \cdot \xi_j = \mathbf{r}_j, \quad \xi_j \in \Xi_j, \quad \mathbf{r}_j \in \mathbf{R}_j, \quad (1)$$

где Ξ_j – метрическое пространство векторов ξ_j для j – типа МП; \mathbf{R}_j – метрическое пространство характеристик поля ПЭМВ для j – типа МП; Θ_j – нелинейный оператор для j – типа МП, осуществляющий преобразование множества значений вектора ξ_j в множество значений характеристик поля ПЭМВ \mathbf{r}_j ; $j=1$ – многослойные материалы и покрытия; $j=2$ – метаматериалы; $j=3$ – материалы и покрытия с анизотропией электрофизических параметров.

Решением операторного уравнения (1) на компакте Ξ_j^k из Ξ_j будет являться элемент $\xi_{0j} \in \Xi_j^k$ минимизирующий функционал (целевую функцию) $\rho_{jR}(\Theta_j \cdot \xi_j, \mathbf{r}_{j\partial})$:

$$\rho_{jR}(\Theta_j \cdot \xi_{0j}, \mathbf{r}_{j\partial}) = \arg \min_{\xi \in \Xi_k} \rho_{jR}(\Theta_j \cdot \xi_j, \mathbf{r}_{j\partial}), \quad (2)$$

где $\mathbf{r}_{j\partial}$ – полученные в эксперименте значения измеряемой характеристики поля ПЭМВ, то есть при наличии некоторой погрешности; $\rho_{jR}(\Theta_j \cdot \xi_j, \mathbf{r}_{j\partial})$ – расстояние между $\Theta_j \cdot \xi_j$ и $\mathbf{r}_{j\partial}$ в метрическом пространстве \mathbf{R}_j возможных значений \mathbf{r}_j . Область Ξ_j задания ξ_j определяется границами технически возможных параметров МП. Граничные значения области \mathbf{R}_j определяются максимальными значениями характеристик поля ПЭМВ.

Библиографический список

1. Казьмин, А. И. Оценка степени отслоения диэлектрических и магнитодиэлектрических покрытий с использованием поверхностных электромагнитных волн СВЧ диапазона / А. И. Казьмин, П. А. Федюнин // Дефектоскопия. – 2020. – № 9. – С. 50 – 63.
2. Казьмин, А. И. Контроль электрофизических параметров метаматериалов методом поверхностных электромагнитных волн / А. И. Казьмин, П. А. Федюнин // Дефектоскопия. – 2021. – № 4. – С. 51 – 67.
3. Казьмин, А. И. Контроль диэлектрической проницаемости и толщины анизотропных диэлектрических покрытий методом поверхностных электромагнитных волн / А. И. Казьмин, П. А. Федюнин, Д. П. Федюнин // Дефектоскопия. – 2021. – № 6. – С. 57 – 72.

МЕТОД КОНТРОЛЯ ТОЛЩИНЫ СЛОЕВ БИМЕТАЛЛА

Е. В. Карелина, Н. Ю. Субботина, А. Н. Поляков

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

Контроль толщины слоев биметалла является одной из самых важных задач при их изготовлении. Одним из методов контроля толщины слоев является метод вихревых токов. Применение бесконтактных датчиков в измерительных устройствах, основанных на методе вихревых токов, дает возможность осуществлять быстродействующий автоматизированный контроль в процессе производства биметалла. Рассмотрим метод непрерывного контроля толщины слоев биметалла с ферромагнитным основанием [1 – 3].

На рисунке 1 представлена схема устройства контроля толщины слоев биметалла, поясняющая сущность метода.

Метод осуществляется следующим образом. Со стороны ферромагнитного слоя биметаллической полосы 1 и эталона 2 размещены измерительный 3 и эталонный 4 индукторы, возбуждающие обмотки которых подключены к генератору 5, а измерительные – через выпрямитель 6 к измерителю толщины 7. Возбуждающие обмотки индукторов питаются переменным током такой частоты, при которой эффективная глубина проникновения вихревых токов меньше, чем толщина измеряемой полосы. При этом в измерительных обмотках, соединенных между собой последовательно-встречно, возникают напряжения, пропорциональные толщине измеряемого ферромагнитного основания биметалла и эталона. Учитывая, что напряжение вторичной измерительной обмотки эталонного индуктора постоянно, а напряжение измерительной обмотки измерительного индуктора меняется в зависимости от изменения толщины ферромагнитного слоя биметалла, то результирующее напряжение будет пропорционально отклонению толщины от заданной эталоном.

Для контроля толщины верхнего слоя биметалла на фиксированном расстоянии располагают от поверхностей биметалла и эталона, соответственно, измерительную 8 и эталонную 9 накладные катушки, причем возбуждающие обмотки катушек подключены к генератору 10, а измерительные соединенные между собой последовательно-встречно – к демодулятору 11. Частота питающего напряжения выбирается из условия, чтобы глубина проникновения вихревых токов была значительно ниже толщины верхнего слоя биметалла. На выходе демодулятора создается выпрямленное напряжение, пропорциональное по величине отклонению толщины верхнего слоя биметалла от заданной эталоном. Выпрямленный сигнал и усиленный усилителем 12 подается на вход микропроцессорного устройства 13, в котором регистрируется отклонение толщины.

Таким образом, представленный метод позволит непрерывно в процессе производства осуществлять контроль толщины слоев биметалла с требуемой точностью.

Библиографический список

1. Пат. 2210058С1. Способ непрерывного контроля толщины слоев биметалла с ферромагнитным основанием / Ю. В. Плужников, А. В. Колмаков, А. П. Пудовкин, В. Н. Чернышов. – 2003.

2. Пат. RU2290604С2. Способ непрерывного контроля толщины слоев четырехслойного металлофторопластового ленточного материала, пористости его металлического каркаса и концентрации входящих в четвертый слой компонент / Ю. В. Плужников, А. П. Колмаков, А. П. Пудовкин, и др. – 2005.

3. Пат. RU2399870 С1. Способ непрерывного контроля толщины и сплошности соединения слоев биметалла / Д. В. Семенко, А. П. Пудовкин. – 2010.

Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора А. П. Пудовкина.

УМНЫЙ ГОРОД: ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА НА ОСНОВЕ СЕТИ МЕТОК-ТРАНСПОНДЕРОВ

А. С. Кожевников, А. Е. Медведев, А. В. Мордовин, В. В. Попов, С. Н. Данилов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

*(e-mail: cojevnikov@2015yandex.ru, Artyombrown12@gmail.com,
mordovin-sasha68@mail.ru, vadim.popov.2002@bk.ru, plabz@mail.ru)*

Концепция интеграции информационных и коммуникационных технологий («умный город») включает в себя, в частности, управление транспортными средствами (ТС) и наблюдение за их движением, и в первую очередь это касается беспилотных ТС. За счет сети датчиков, объединенных в режиме реального времени, данные от ТС обрабатываются и анализируются. Собранная информация является ключом к решению проблем эффективности и безопасности городского движения.

Три основных компонента безопасного автономного вождения – это локализация (где я нахожусь), восприятие (то, что меня окружает) и контроль (как передвигаться). Для этого необходима система датчиков.

Датчики различных диапазонов обладают как преимуществами, так и имеют ряд существенных недостатков. Оптические камеры и LiDAR плохо работают в случае плохой погоды. Радар лучше работает в этих условиях и хорошо определяет скорость. Но его разрешающая способность недостаточна для точного оценивания траектории маневра ТС. Когда речь идет о существующих датчиках для беспилотных автомобилей, универсального решения нет, но все-таки возможно значительно повысить возможности датчика радиолокационного (РЛ) диапазона [1, 2]. Для этого нужно использовать метод активного запроса с активным ответом [3]. Так как в этом случае работа идет в двух диапазонах, то просто решаются многие проблемы РЛ датчика: упрощается селекция объекта наблюдения на фоне отражений, возможна передача кодов идентификации ТС, становится проще измерять малые дальности и угловые координаты (появляется возможность использования достаточно точного фазового метода измерения).

Для реализации активного метода радиолокации предлагается установка меток-транспондеров (МТ) как на ТС (МТА), так и на территории города (МТЗ). Для комплексирования показаний датчиков и получения более точных прогнозов, чем для каждого отдельного датчика, предлагается использование методов фильтрации в пространстве состояний (наиболее известный подход – фильтр Калмана) [4].

Позиционирование с помощью GPS недостаточно точно (особенно для беспилотного автомобиля). По имеющимся данным [5] GPS имеет точность в пределах 5 метров под открытым небом и могут давать грубые ошибки условиях плотной городской застройки, когда сигналы отражаются от зданий (проблема многолучевого распространения).

Использование предлагаемого активного метода измерения создает две проблемы. Во-первых, метки транспондеры могут быть вне поля зрения или временно заблокированы. Во-вторых, сигнал РЛ диапазона может быть сильно зашумлен, поэтому в таких условиях может понадобиться идентификация координат неподвижного МТЗ на основе цифровой карты или кодовый ответ с идентификационным номером ориентира. Сопоставление информации о координатах с картой позволит точно идентифицировать ориентир, а зная точные координаты ТС относительно ориентира можно позиционировать свое ТС.

Локализация с использованием МТА и МТЗ радиолокационного диапазона может позволить точно определить местонахождение автомобиля (в том числе и беспилотного). Если при этом наблюдать несколько меток, то даже при неточных измерениях в условиях интенсивного шума, комплексирова данные измерений можно точно оценить местонахождение ТС.

Библиографический список

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

2. Synthesis of channel tracking for random process parameters under discontinuous variation / A. P. Pudovkin, Yu. N. Panasyuk, S. N. Danilov, S. P. Moskvitin // Journal of Physics : Conference Series. – 2018. – V. 1015, Is. 3, article id. 032112.

3. Данилов, С. Н. Алгоритм функционирования системы угловой коррекции наземной подвижной антенны, синтезированный на основе систем со случайным изменением структуры / С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк // Радиотехника. – 2013. – № 9. – С. 55 – 59.

4. Алгоритм дальномерного канала с учетом информации бортовых датчиков воздушных судов / Ю. Н. Панасюк, С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин, И. В. Князев // Радиотехника. –

5. Jonathan Hui, Tracking a self-driving car with Particle Filter. <https://jonathan-hui.medium.com/self-driving-object-tracking-intuition-and-the-math-behind-kalman-filter-657d11dd0a90>

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ И ПРИМЕНЕНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ДАТЧИКОВ АВТОМОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ

В. В. Попов, А. В. Мордовин, А. С. Кожевников

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: vadim.popov.2002@bk.ru, mordovin-sasha68@mail.ru, cojevnikov@2015yandex.ru)*

Целью создания «умного города» является улучшение качества жизни с помощью технологии городской информатики. Собранная с датчиков информация позволит решить проблемы не только по безопасности движения городских транспортных средств (ТС),

но и позволит быстро и эффективно принимать и передавать нужную информацию без искажений и потери данных.

Использование меток-транспондеров позволит перейти полностью на автономное вождение автомобилей, что при их правильной и слаженной работе приведет к безопасному вождению, позволит улучшить контроль на дороге в режиме реального времени. Для повышения безопасности автомобилей все шире применяются системы обнаружения препятствий, например, основанные на радарах. Поэтому ниже представлен сравнительный анализ технологий активной безопасности. Системы, основанные на видеокамерах, в автомобильных системах активной безопасности являются, пожалуй, доминирующей сенсорной технологией, но их надежность ограничивается погодными условиями и условиями освещения. Радарные системы (РС) позволяют обнаруживать, отслеживать объекты независимо от времени суток и погодных условий. РС миллиметрового диапазона, работающие в диапазоне 76...77 ГГц, с радарными дальнего диапазона позволяют обнаруживать объекты и определять расстояния в диапазоне 1...150 м с разрешением в 1 м, также могут быть определены относительная скорость и угол азимута.

Современные РС автомобилей миллиметрового диапазона (1...7,5 мм) могут работать с импульсным и непрерывным ЧМ сигналом. В них можно использовать антенны малых размеров, что позволяет устанавливать эти устройства в любом месте автомобиля. Радары (24 ГГц) отличаются низкой стоимостью. Они включают в себя передатчик, антенну, приемник и устройство обработки. РС позволяет получать информацию о расстоянии (импульсы длительностью порядка единиц-десятков нс) и скорости ТС, а также оценивать угловые координаты. Структура импульсного радара показана на рис. 1. Возможно использование РС с непрерывным сигналом. Применение частотной модуляции в таких радарах обеспечивает способность определять расстояние до неподвижных и подвижных целей, а также скорость.



Рис. 1. Структура импульсного радара

Такой радар передает частотно-модулированный сигнал длительностью порядка 1 мс и обрабатывает биения между излученным принятым сигналом с помощью цифрового сигнального процессора (БПФ). Структура такого РС на основе диода Ганна показана на рис. 2. Для обработки сигнала рекомендован микроконтроллер TMS470R1VF76B фирмы Texas Instruments, который включает две части – микроконтроллер и 16-разрядный цифровой сигнальный процессор с плавающей точкой.

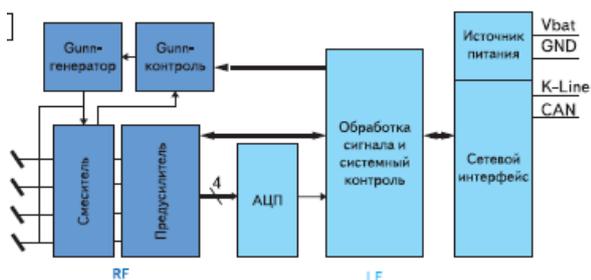


Рис. 2. Структура РС

Возможно применение радаров с частотной кодовой манипуляцией.

В области измерения углов требования современных автомобильных радарных систем: область обзора порядка 12...16° с угловым разрешением менее 3°. В современных радарах могут быть использованы механические сканирующие антенны с малой шириной

луча или электрически переключаемые устройства с PIN-диодами, а также стационарные антенны с несколькими (3...8) узкими лучами.

Вывод. Из обзора явным образом следует, что радарная технология имеет значительные преимущества по сравнению с другими конкурирующими технологиями. Радарные системы подходят для выполнения практически всех автомобильных задач обнаружения объектов как на расстояниях от 0,2 м до порядка 150 м, так и в угловом диапазоне до 360°.

Библиографический список

1. Сысоева, С. Датчики. Актуальные технологии и применения датчиков автомобильных систем активной безопасности. Ч. 6. Радары / С. Сысоева // Компоненты и технологии. – 2007. – № 3.

2. 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.

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.

СРАВНЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФИЛЬТРА БАТТЕРВОРТА И МЕДИАННОГО ФИЛЬТРА В СИСТЕМЕ ФИЛЬТРОВ С УПРАВЛЕНИЕМ ПО НЕВЯЗКЕ

В. В. Маслина, В. С. Аистов, М. В. Алексеев

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: vika.maslina@gmail.com; aistov.volk-vovan@mail.ru; alexeew41@gmail.com.)*

В настоящее время идет быстрое развитие беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), поэтому так важно найти способы их контроля с максимальной достоверностью. Сложность своевременного обнаружения БПЛА заключается в неравномерности их движения, высокой маневренности и высоким уровнем шума при приеме сигнала [1, 2].

Решить эти проблемы помогает вторичная обработка сигналов, полученных с выхода первичного измерителя, так как использование универсального фильтра значительно уступает системе фильтров в точности измерения параметров сигнала. Такие системы обычно представляют собой несколько следящих фильтров с переключением между их показаниями с помощью статистического анализа разности между начальным значением параметров и предсказанным (невязка). Рассмотрим два вида фильтров.

На рисунке 1 синей линией обозначена невязка узкополосного фильтра, красной линией обозначена невязка широкополосного фильтра, а фиолетовой линией – сигнал переключения компаратора. Использование широкополосного и узкополосного фильтров уменьшает влияние шумовой составляющей на принимаемый сигнал. Так, использование медианного фильтра сокращает частоту переключений, а с учетом ранжирования в списке он хорошо подавляет шумы и помехи с малой протяженностью.

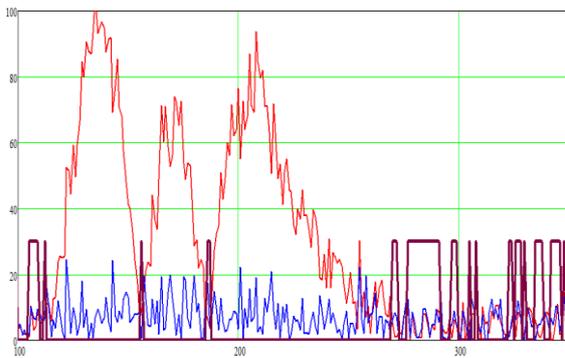


Рис. 1. Невязки фильтров и сигнал переключения при медианном сглаживании

$$y_{kk}^1 := \sum_{m=0}^3 \left[b_m \cdot (v_{kk-m}^1)_0 \right] - \sum_{m=1}^3 (a_m \cdot y_{kk-m}^1) ,$$

где b_m и a_m – коэффициенты, зависящие от порядка фильтра.

Использование системы фильтров помогает улучшить оценку местоположения БПЛА, но зачастую она дает большую величину погрешности из-за частых переключений и как следствие, – перегрузки коммутатора.

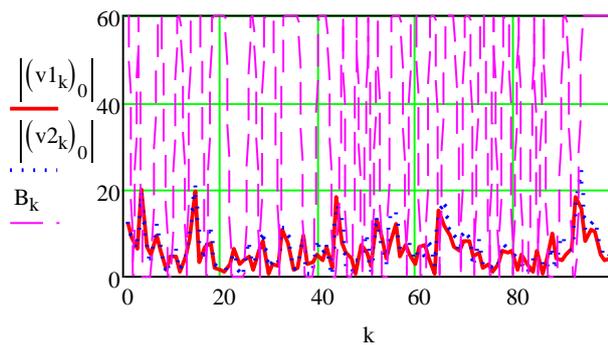


Рис. 2. Изображение процесса переключения между фильтрами на промежутке от 0 до 100 шагов моделирования

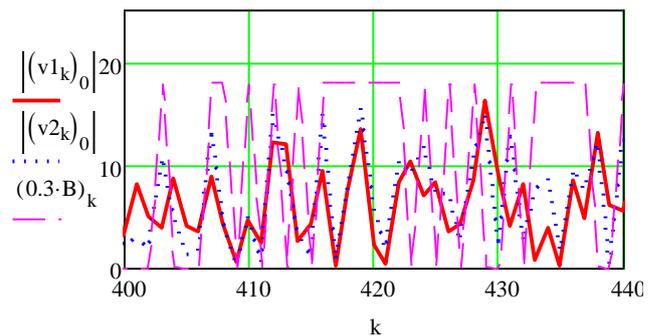


Рис. 3. Изображение процесса переключения между фильтрами на промежутке от 400 до 440 шагов моделирования

Красной линией на графиках изображена невязка узкополосного фильтра, синими точками – невязка широкополосного фильтра, а фиолетовым пунктиром – работа переключателя. Из графиков видно, что компаратор перегружен слишком частыми переключениями. В данном примере получена средняя величина погрешности парциального фильтра системы примерно равная 2,765 и средняя величина погрешности при использовании ФНЧ Баттерворта, равная 1,905. Уменьшение этой погрешности говорит нам о том, что данный метод оптимизации системы фильтров эффективен и хорошо показывает себя по результатам анализа.

Исследовав оба фильтра можно прийти к выводу, что система фильтров с медианным сглаживанием довольно проста и хорошо показывает себя при малых шумах, в то время как система фильтров со сглаживанием по Баттерворту оправдывает сложность точными результатами даже для маневренных БПЛА. Общим их преимуществом оказалось уменьшение нагрузки на компаратор, что так важно при неравномерном движении и уменьшении величины погрешности измерений.

Библиографический список

1. Pudovkin, A. P., Panasyuk, Yu. N., Danilov, S. N., Moskvitin, S. P. Synthesis of Algorithm for Range Measurement Equipment to Track Maneuvering Aircraft Using Data on Its Dynamic and Kinematic Parameters // Journal of Physics: Conference Series, Volume 1015, Issue 3, article id. 032111 (2018).
2. Pudovkin, A. P., Panasyuk, Yu. N., Danilov, S. N., Moskvitin, S. P. Synthesis of channel tracking for random process parameters under discontinuous variation. – Journal of Physics: Conference Series, Volume 1015, Issue 3, article id. 032112 (2018).

СИСТЕМЫ БЕСПРОВОДНОГО УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА ПОКАЗАНИЙ ПРИБОРОВ УЧЕТА

Д. Д. Мельникова, А. С. Писарчук, С. П. Москвитин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

«От машины к машине» – технология, позволяющая договариваться механизмам без участия людей. Банкомат общается с компьютером, хранящим данные о личном счете человека в банке, счетчик на воду – с сервером в обслуживающей организации и так далее. Сегодня мы чуть ли не ежедневно наблюдаем общение умных механизмов друг с другом, пользуясь их услугами.

Беспроводное управление и передача данных выполняют интеллектуальные приборы учета. «Умные счетчики» обеспечивают непрерывное измерение параметров потребления энергоресурсов и передачу данных без участия обходчиков и контролеров. Передача информации в главный центр обеспечивается круглосуточно в режиме реального времени, а обработка информации включает в себя анализ отчетной документации, начисление оплаты по показаниям, отображение данных учета в ГИС ЖКХ. Также некоторые «умные счетчики» способны определить самую выгодную ценовую категорию, что снизит стоимость электроэнергии до 30%, что важно для потребителей.

Передача данных осуществляется по проводным или беспроводным каналам. В данной статье рассматривается именно второй вариант. В основном, для передачи используются такие технологии, как GSM/GPRS – по сетям сотовой связи, ZigBee, LoRaWAN – беспроводная передача данных, PLC – по силовым проводам 220/380В. Интерес составляют технологии ZigBee и LoRaWAN.

Весь принцип работы сводится к простой схеме: электросчетчик через специальный интерфейс (чаще всего RS485) подключается к модему, который обменивается данными с сервером автоматизированной системы учета электроэнергии (АСКУЭ). АСКУЭ – система автоматизированного учета отпущенной и потребленной электроэнергии для достижения точности расчетов между поставщиками и потребителями. Электросчетчик со встроенным модемом напрямую может обмениваться данными с сервером АСКУЭ. Весь принцип работы показан на рис. 1.



Рис. 1. Принцип работы АСКУЭ

Достоинствами «умных счетчиков» в данном случае являются передача показаний приборов учета на пульт управляющей компании автоматически, исключаются хищения энергоресурсов и быстрое обнаружение и ликвидация протечек.

Недостатки данной системы также имеются. Это, прежде всего, человеческий фактор – если в старых домах нет умных счетчиков, потребитель должен установить их за свой счет. Также для работы счетных систем нового поколения требуется подвод электрической сети и, конечно, завышенная цена автоматических водомеров. Старшему поколению сложно быстро освоить новые технологии.

В заключение хотелось отметить, что внедрение дистанционного управления увеличивает частоту обновления запрашиваемой информации, позволяет оптимально использовать оборудование и производить удаленную диагностику, снижает трудовые затраты и повышает качество обслуживания.

Библиографический список

Пудовкин, А. П. Распространение радиоволн [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк. – Тамбов : ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 180 с.

Панасюк, Ю. Н. Электромагнитные поля : учебное пособие / Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин ; Тамб. гос. техн. ун-т. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. – 96 с.

3. Смирнова, Е. В. Технологии современных беспроводных сетей Wi-Fi [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е. В. Смирнова, А. В. Пролетарский, Е. А. Ромашкина. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. – 446 с.

4. Балонин, Н. А. Беспроводные персональные сети на основе ZigBee [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н. А. Балонин, М. Б. Сергеев. – СПб. : ГУАП, 2012. – 58 с.

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ НОРМАЛЬНОГО УСКОРЕНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ЦЕЛИ

У. Р. Наимов, С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин

*Таджикский национальный университет, Душанбе, Таджикистан,
Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: umed87-88@mail.ru, plabz@mail.ru)*

Рассмотрим возможность оценки нормального ускорения на основе данных ориентации цели в пространстве [1, 2]. Пусть имеется датчик, который позволяет определить ориентацию цели по ее изображению в виде углов тангажа ϑ и курса ψ .

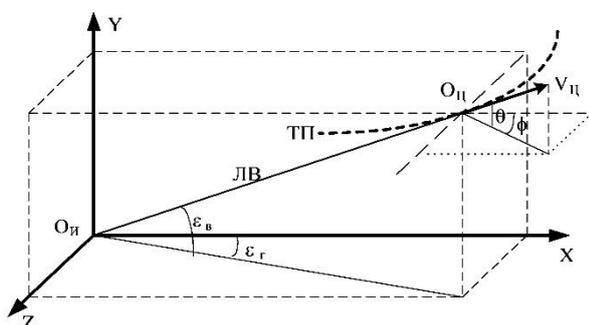


Рис. 1. Положение цели в пространстве

На рисунке 1 в системе координат O_iXYZ точкой $O_ц$ показано положение цели; $V_ц$ – вектор скорости цели; ТП – траектория полета; θ – угол наклона траектории к плоскости горизонта; ϕ – угол поворота траектории относительно заданного направления; ЛВ – линия визирования; $\epsilon_г$, $\epsilon_в$ – углы наклона ЛВ в горизонтальной и вертикальной плоскости, соответственно; D – дальность до цели.

Возможность определения нормального ускорения рассмотрена при следующих допущениях: вектор $V_ц$ совпадает с осью летательного аппарата (цели), т.е. $\theta = \vartheta$ и $\phi = \psi$; маневры самолетов характеризуются высоким поперечным ускорением и низким продольным ускорением [3]; углы $\epsilon_г$ и $\epsilon_в$ измеряются бортовой РЛС; учитывая, что параметры собственного движения истребителя измерены достаточно точно, будем считать, что истребитель (РЛС) неподвижен в пространстве.

Из рисунка 1 получим:

$$V_X = V_ц \cos \vartheta \cos \psi; \quad V_Y = V_ц \sin \vartheta; \quad V_Z = V_ц \cos \vartheta \sin \psi,$$

где V_X , V_Y , V_Z – проекции вектора скорости цели $V_ц$ на оси O_iX , O_iY , O_iZ , соответственно.

Для угломера относительное перемещение цели и истребителя может быть задано в виде изменения нормального к линии визирования ускорения. Для простоты рассмотрим только горизонтальную плоскость как основную плоскость при маневрировании. Если воспользоваться полученными составляющими скорости, то тогда:

$$\begin{aligned} V_{ZA} &= V_X \sin \epsilon_г + V_Z \cos \epsilon_г = V_ц \cos \vartheta \cos \psi \sin \epsilon_г - V_ц \cos \vartheta \sin \psi \cos \epsilon_г; \\ j_{Z_{\text{нц}}} &= \dot{V}_{ZA} = V_ц (-\sin \vartheta \dot{\vartheta} \cos \psi \sin \epsilon_г - \cos \vartheta \sin \psi \dot{\psi} \sin \epsilon_г + \cos \vartheta \cos \psi \cos \epsilon_г \dot{\epsilon}_г + \\ &\quad + \sin \vartheta \dot{\vartheta} \sin \psi \cos \epsilon_г - \cos \vartheta \cos \psi \dot{\psi} \cos \epsilon_г + \cos \vartheta \sin \psi \sin \epsilon_г \omega_г). \end{aligned}$$

Прделав некоторые тригонометрические преобразования, получим выражение для вычисления нормального ускорения на основе информации о пространственной ориентации цели:

$$j_{Z_{\text{нц}}} = V_ц [-\dot{\vartheta} \sin \vartheta \sin(\psi - \epsilon_г) + (\omega_г - \dot{\psi}) \cos \vartheta \cos(\psi - \epsilon_г)].$$

Анализ работоспособности алгоритма определения нормального ускорения проводился на примере сопровождения одной цели типа «истребитель» при условии, что цель движется прямолинейно и с постоянной скоростью.

На рисунке 2 приведен график среднеквадратической погрешности вычисления нормального ускорения на основе последнего выражения. При этом считалось, что угловые координаты измеряются с СКО, равными: $\sigma_\varepsilon = 0,5^\circ$, $\sigma_\psi = \sigma_\vartheta = 1^\circ$.

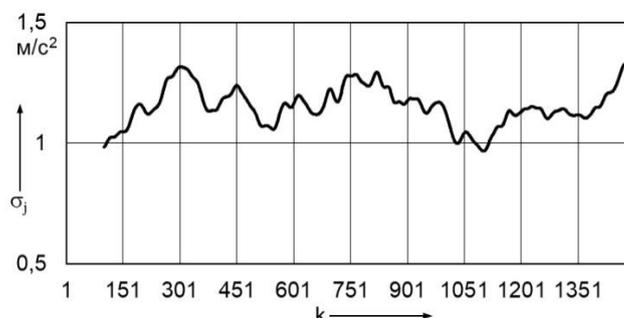


Рис. 2. Среднеквадратическая погрешность вычисления нормального ускорения

Библиографический список

1. Pudovkin, A. P., Panasyuk, Yu. N., Danilov, S. N., Moskvitin, S. P. Synthesis of Algorithm for Range Measurement Equipment to Track Maneuvering Aircraft Using Data on Its Dynamic and Kinematic Parameters // Journal of Physics: Conference Series, Volume 1015, Issue 3, article id. 032111 (2018).
2. Pudovkin, A. P., Panasyuk, Yu. N., Danilov, S. N., Moskvitin, S. P. Synthesis of channel tracking for random process parameters under discontinuous variation. – Journal of Physics: Conference Series, Volume 1015, Issue 3, article id. 032112 (2018).
3. Курносов, Р. Ю. Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации : сб. тр. XXVII Междунар. науч.-техн. конф., 14 – 20 сентября 2018 г., Алушта / Р. Ю. Курносов, Т. И. Чернышова, М. А. Каменская. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО

САМООРГАНИЗУЮЩИЕСЯ СЕТИ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

А. С. Писарчук, Д. Д. Мельникова, С. П. Москвитин

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

В настоящее время наблюдается тенденция увеличения количества мобильных телекоммуникационных устройств, таких как ноутбуки, планшеты, смартфоны и ряда других. В такой ситуации на первый план выходят беспроводные технологии для построения сетей, способных предоставить абоненту возможности доступа к передаче и приему информации через соседних абонентов. Такие сети называются самоорганизующимися, то есть способными к самоорганизации.

Самоорганизующаяся сеть – не имеющая определенной структуры, меняющаяся и распределяющая функции между узлами, то есть которым не требуется никакой дополнительной инфраструктуры, кроме самих узлов.

Так, среди видов самоорганизующихся сетей можно выделить следующие основные: Mesh радиосети ячеистой структуры, ad-hoc сети, не имеющие постоянной структуры и MANET сети, способные устанавливать соединения между произвольными узлами. Для построения и организации таких сетей используются уже имеющиеся мобильные устройства, работающие на таких стандартах связи как Bluetooth, Wi-Fi, ZigBee и других, в зависимости от предназначения сети. Такой выбор обусловлен высокой распространенностью устройств с этими технологиями беспроводного доступа.

В общем случае данные сети имеют такие преимущества, как широкое покрытие и теоретически широкая абонентская база без большого количества дорогостоящих базовых станций и увеличения мощности излучаемого сигнала, что снижает энергопотребление всей системы. На рисунке 1 представлено потребление электроэнергии технологиями беспроводного доступа для самоорганизующихся сетей.

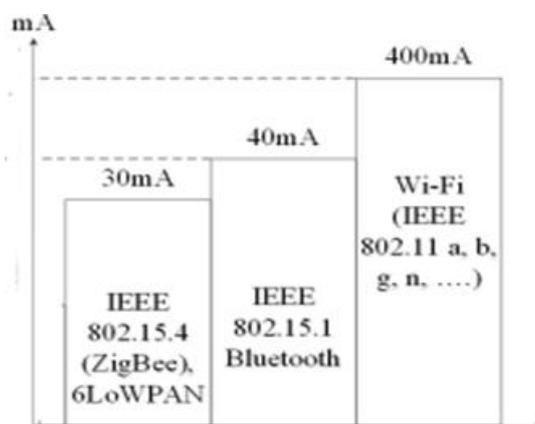


Рис. 1. Потребление электроэнергии технологиями доступа, применяемыми в самоорганизующихся сетях

В связи с этим, на данный момент активно ведутся исследования и разработки для использования самоорганизующихся сетей в следующих сферах и технических системах: военная связь, интеллектуальные транспортные системы, локальные сети, сенсорные сети. Существует множество задач, в которых применение самоорганизующихся сетей может повысить эффективность.

Таким образом, в данной статье был проведен анализ перспективы развития и применения самоорганизующихся сетей, в результате которого выявлены их достоинства и сферы реализации, а также применяемые для этого стандарты связи.

Библиографический список

- Пудовкин, А. П. Распространение радиоволн [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. П. Пудовкин, Ю. Н. Панасюк. – Тамбов : ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 180 с.
- Панасюк, Ю. Н. Электромагнитные поля : учебное пособие / Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин ; Тамб. гос. техн. ун-т. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. – 96 с.
- Панасюк, Ю. Н. Устройства сверхвысоких частот : учебное пособие / Ю. Н. Панасюк, А. П. Пудовкин. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 80 с.
- Кучерявый, А. Е. Самоорганизующиеся сети / А. Е. Кучерявый, А. В. Прокопьев, Е. А. Кучерявый. – СПб. : Любавич. 2011. – 310 с.

ОСНОВНЫЕ СИЛЫ И СРЕДСТВА ВСКРЫТИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

С. П. Сквородкин, Р. А. Баранов

Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», Воронеж, Россия

Для эффективного воздействия на систему связи первоначально иностранные технические разведки получают информацию о ее структуре и режимах функционирования. Существующие средства иностранных технических разведок способны вести космическую (видовую, радио- и радиотехническую (РРТР)), воздушную (видовую, радио и радиотехническую) и наземную (радио и радиотехническую) разведки [1 – 3].

Анализ опыта учений и локальных конфликтов [1 – 3] позволяет сделать вывод, что при выполнении мероприятий по противодействию видовой разведке в полном объеме, вероятность вскрытия объектов не превысит 2–3 часа после съемки объектов и пеленга электрического сигнала [1 – 3]. Следовательно, можно сделать вывод, что для вскрытия радиоэлектронных средств (РЭС) будут использоваться радиоразведывательные комплексы. Наиболее совершенной системой РРТР космического базирования на сегодняшний день обладают США.

Анализируя данные по возможности развития искусственных спутников земли, можно сделать вывод, что с помощью космической системы РРТР имеется возможность вести разведку ультракоротковолновых радиостанций (100...400 МГц), радиорелейных станций (60...645 МГц), тропосферных станций (475...5000 МГц), спутниковых станций (3400...8000 МГц). При этом серьезным недостатком указанных разведывательных средств, сдерживающим их применение для разведки высокоподвижных узлов связи пунктов управления, являются невысокая точность определения координат радиосредств и невозможность ведения разведки в диапазоне коротких волн. Так, ошибка в определении координат радиосредств в дециметровом диапазоне радиоволн составляет до 10...20 км [1 – 3].

Для ведения воздушной РРТР системы связи применяются самолеты-разведчики стратегической (RC-135W, U-2), тактической («Торнадо», EFA, RF-16, «Мираж-2000», EC-130H) и армейской (RU-21, EH-60) авиации [1 – 3].

Комплексы РРТР, устанавливаемые на самолетах тактической и армейской авиации, способны вести радиоразведку: в ДКМВ-диапазоне на дальность до 400 км; в УКВ-диапазоне до 250 км (наземных) и до 500 км (самолетных) средств.

Наземная разведка ведется силами и средствами радио- и радиотехнической разведки, располагающими большими возможностями по добыванию разведывательных данных.

Таким образом, проведенный анализ возможностей систем разведки показывает, что они обладают значительными возможностями по вскрытию РЭС.

Библиографический список

1. Линник, С. Авиация сил специальных операций ВВС США [Электронный ресурс] / С. Линник // Военное обозрение. – URL : <http://special-for-diana.narod.ru> (дата обращения: 14.10.2021).
2. Радиоэлектронная борьба в Вооруженных силах США: военно-теоретический труд. – СПб. : Наукоемкие технологии, 2018. – 131 с.
3. Макаренко, С. И. Помехозащищенность систем связи с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты / С. И. Макаренко, М. С. Иванов, С. А. Попов. – СПб. : Свое издательство, 2013. – 166 с.

КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ ЛЕНТОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Н. Ю. Субботина, Е. В. Карелина, А. Н. Поляков

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

Металлофторопластовые ленточные материалы имеют сложную конструкцию из металлических и неметаллических материалов: омедненная стальная основа, получаемая методом пластической деформации, пористый бронзовый каркас, нанесенный на стальную основу и полученный из сферических частиц методом спекания, неметаллический фторопластовый слой, нанесенный на поверхность и в поры бронзового каркаса. Контроль толщины каждого слоя и пористости бронзового каркаса четырехслойного металлофторопластового ленточного материала является одной из самых важных задач в процессе их изготовления.

Рассмотрим комплексный метод непрерывного контроля качества металлофторопластовых ленточных материалов [1], схема которого показана на рис. 1.

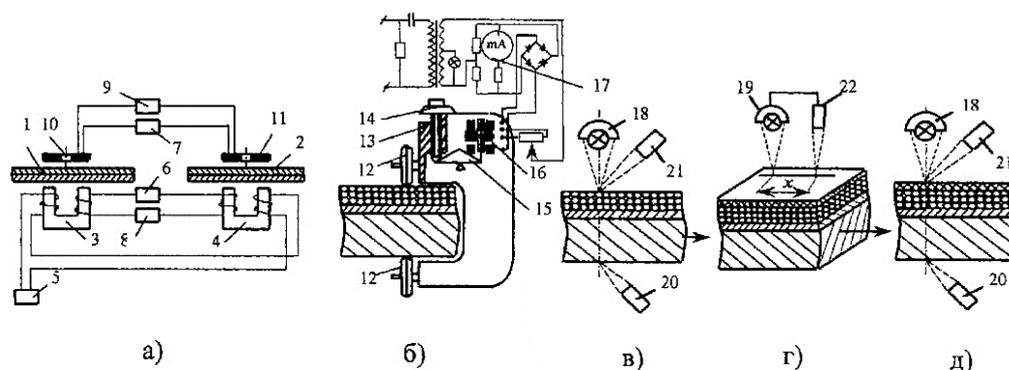


Рис. 1. Схема непрерывного контроля характеристик качества металлофторопластового ленточного материала в технологическом потоке его изготовления

Для контроля толщины первого стального слоя омедненной стальной основы используют измерительный и эталонный индукторы с П-образным магнитопроводом, а для контроля медного слоя – накладные измерительный и эталонный токовыхревые преобразователи [2].

Толщину пористого бронзового каркаса определяют как разницу между толщиной трехслойной металлической ленты, измеренной с помощью индуктивного микрометра, и толщиной омедненной стальной основы. Измерения пористости бронзового каркаса и толщины фторопластового слоя, движущегося металлофторопластового ленточного материала основано на теплотрическом методе, представленном в работе [3]. В методе осуществляют тепловое воздействие бесконтактным источником тепловой энергии на поверхности бронзового каркаса и четвертого фторопластового слоя, измеряют температуру бесконтактными термоприемниками в точках теплового воздействия и на заданном расстоянии от них, а также в точке поверхности ленточного материала с обратной стороны напротив теплового воздействия.

Таким образом, используя схему измерения (рис. 1), определяют толщину каждого слоя четырехслойного металлофторопластового ленточного материала и пористость бронзового каркаса в технологическом процессе производства, что существенно повышает производительность контроля.

Библиографический список

1. Пат. RU 2313065 С1. Способ непрерывного контроля толщины слоев четырехслойного металлофторопластового ленточного материала, пористости его металлического каркаса и концентрации входящих в четвертый слой компонент /А. Н. Банников, А. П. Пудовкин, Т. И. Чернышова. – 2005.
2. Пат. 2210058С1. Способ непрерывного контроля толщины слоев биметалла с ферромагнитным основанием / Ю. В. Плужников, А. В. Колмаков, А. П. Пудовкин, В. Н. Чернышов. – 2003.
3. Пат. RU 2182310С1. Способ бесконтактного неразрушающего контроля толщины и теплофизических свойств изделий / Ю. В. Плужников, А. В. Колмаков, А. П. Пудовкин. – 2002.

Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, профессора А. П. Пудовкина.

ОЦЕНКА ДАЛЬНОСТИ ДО ВОЗДУШНОГО СУДНА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРЕТИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ МЕТОДАМИ ВЕСОВОЙ ОБРАБОТКИ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ

А. И. Сустин, А. П. Пудовкин

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

В информационно-измерительных системах управления воздушным движением (ИИС УВД) с использованием третичной обработки информации (ТОИ) оценка дальности до воздушного судна (ВС) возможна несколькими методами, наиболее точным из которых является весовая обработка радиолокационной информации [1].

$$D_{\text{ТОИ}}(k) = b_1(k)D_1(k) + b_2(k)D_2(k), \quad (1)$$

где $D_{\text{ТОИ}}(k)$ – дальность, полученная в результате обработки информации о дальности от двух радиолокационных станций (РЛС); k – номер дискрета времени; $D_1(k)$, $D_2(k)$ – значения дальностей, полученные от РЛС1 и РЛС2 соответственно, и используемые для ТОИ; $b_1(k)$, $b_2(k)$ – значения весового коэффициента оценивания дальности до ВС.

Исходя из выражения (1), весовые коэффициенты оказывают непосредственное влияние на точность третичной обработки информации [1, 2].

Известны методы весовой обработки информации о дальности до ВС, в которых весовые коэффициенты определяются через статические параметры движения ВС, задаваемые изначально и не изменяющиеся в процессе слежения за маневрирующим ВС. В качестве таких параметров применяются дисперсия невязки или дисперсия ошибок измерений [1, 2].

Оценка дальности до ВС такими методами не способна обеспечить необходимую точность выходных данных, поскольку весовые коэффициенты оценивания дальности до ВС для

двух радиолокационных станций (РЛС) РЛС1 и РЛС2 задаются изначально и не изменяются на всем времени оценивания.

Для получения наиболее точной оценки дальности до ВС определять весовые коэффициенты необходимо через динамические параметры движения ВС, которые изменяются в процессе слежения за маневрирующим ВС. К таким параметрам относятся невязки по дальности $\Delta D_1(k)$ и $\Delta D_2(k)$ [3, 4].

Так, оцененное значение дальности до маневрирующего ВС определяется согласно (1). Весовые коэффициенты определяются через выражения [3]:

$$b_1(k) = \frac{(2\pi D_1)^{-\frac{1}{2}} \exp\left\{-\frac{(\Delta D_1(k))^2}{2D_1}\right\} (1-b_1(k-1))}{((2\pi D_1)^{-\frac{1}{2}} \exp\left\{-\frac{(\Delta D_1(k))^2}{2D_1}\right\} (1-b_1(k-1))) + ((2\pi D_2)^{-\frac{1}{2}} \exp\left\{-\frac{(\Delta D_2(k))^2}{2D_2}\right\} (1-b_2(k-1)))}; \quad (2)$$

$$b_2(k) = \frac{(2\pi D_2)^{-\frac{1}{2}} \exp\left\{-\frac{(\Delta D_2(k))^2}{2D_2}\right\} (1-b_2(k-1))}{((2\pi D_1)^{-\frac{1}{2}} \exp\left\{-\frac{(\Delta D_1(k))^2}{2D_1}\right\} (1-b_1(k-1))) + ((2\pi D_2)^{-\frac{1}{2}} \exp\left\{-\frac{(\Delta D_2(k))^2}{2D_2}\right\} (1-b_2(k-1)))}, \quad (3)$$

где D_1 и D_2 – дисперсии невязки по дальности до РЛС1 и РЛС2 соответственно; $\Delta D_1(k)$, $\Delta D_2(k)$ – значение невязок по дальности для РЛС1 и РЛС2 соответственно.

Весовые коэффициенты, которые определяются согласно (2) и (3), изменяются в процессе наблюдения за маневрирующим ВС, вследствие чего ТОИ с применением данного метода весовой обработки способна обеспечить необходимую точность оценки дальности до 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 ВО «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. Pudovkin A. P., Panasyuk Yu. N., Varepo L. G., Sustin A. I., Danilov S. N., Trapeznikova O. V. Algorithm synthesis for tertiary information processing of distance measuring channel in information and measurement system of air traffic control – Journal of Physics: Conference Series, 2020, 1546(1), 012026
4. Сустин, А. И. Оценка параметров движения воздушного судна в информационно-измерительных системах управления воздушным движением с применением третичной обработки информации / А. И. Сустин, А. П. Пудовкин // Радиоэлектроника. Проблемы и перспективы развития : сб. науч. тр. – Тамбов, 2021. – С. 134 – 137.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УГЛОМЕРНОГО КАНАЛА С АДАПТИВНОЙ ФИЛЬТРАЦИЕЙ

В. В. Терехов, Д. О. Жалнин, Ю.Н. Панасюк

*Тамбовский государственный технический университет, Россия, Тамбов
(e-mail: Vladimir98.98@mail.ru, zhalnin10@mail.ru)*

На основании выражений калмановской фильтрации, зингеровской модели состояния и модели наблюдения был получен следующий алгоритм для оценки угла места, угловой скорости и углового ускорения [1, 2]:

$$\varphi_{o1}(k+1) = \varphi_{s1}(k+1) + K_{y11}(k+1)\Delta\varphi_1(k+1), \quad (1)$$

$$\omega_{o1}(k+1) = \omega_{s1}(k+1) + K_{y21}(k+1)\Delta\omega_1(k+1), \quad (2)$$

$$\beta_{o1}(k+1) = \beta_s(k+1) + K_{y31}(k+1)\Delta\varphi_1(k+1), \quad (3)$$

$$\varphi_{s1}(k+1) = \varphi_{o1}(k) + \omega_{o1}(k)\tau + 0,5\beta_o(k)\tau^2, \quad (4)$$

$$\omega_{s1}(k+1) = \omega_{o1}(k) + \beta_o(k)\tau, \quad (5)$$

$$\beta_s(k+1) = (1 - \alpha_\phi\tau)\beta_o(k), \quad (6)$$

$$\Delta\varphi_1(k+1) = \varphi_n(k+1) - \varphi_s(k+1). \quad (7)$$

Алгоритм (1) – (7) не отвечает современным требованиям по точности для обеспечения пропускной способности и уровня безопасности воздушных судов [3 – 5]. Для решения этой проблемы необходимо добавить в полученный алгоритм способ подстройки системы оценки координат к изменяющимся условиям. Существует несколько основных методов адаптивной фильтрации.

Первый метод основан на идее, что ковариационную матрицу шума наблюдения возможно оценить по ковариационной матрице невязок:

$$R_o(k) = \frac{1}{N} \sum_{i=i_0}^k \Delta z(k)\Delta z^T(k) - HP_s(k)H^T. \quad (8)$$

Второй метод заключается в том, чтобы в случае возрастания ковариации невязки наблюдений по сравнению с ее ожидаемым значением медленно повышать ковариационную матрицу вектора состояния:

$$P_s(k) = \lambda(k)\Phi(k)P_o(k-1)\Phi^T(k) + Q_x(k), \quad (9)$$

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

$$\lambda(k) = \max \left\{ 1, \frac{\text{tr}[C_0(k) - R(k) - HQ_x(k)H^T]}{\text{tr}[H\Phi P_o(k)\Phi^T H]} \right\}, \quad (10)$$

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

$$C_0(k) = \frac{\lambda(k-1)\Delta z(k-1)\Delta z^T(k-1)}{1 + \lambda(k-1)}. \quad (11)$$

Однако каждый из этих методов имеет свои недостатки. Использование параллельного анализа обновляющей последовательности первого метода и регулировки ковариационной матрицы ошибки вектора состояний второго метода компенсирует их.

Таким образом, метод уточнения ковариации по обновляющему процессу улучшает точностные характеристики фильтра при условии, если изменяется ковариация невязки шума наблюдения, метод адаптивного алгоритма с плавной подстройкой улучшает точностные характеристики фильтра, если изменяются динамические параметры модели системы.

Взаимная работа двух методов позволит алгоритму обеспечить максимальную эффективность измерений при различных маневрах воздушного судна.

Библиографический список

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. Glistin V. N., Pudovkin A. P., Panasyuk Yu. N., Danilov S. N., Belyaev P. S., Belyaev M. P., Varepo L. G. The theta-theta channel functioning algorithm synthesis of the data measuring system for the maneuvering aircraft with consideration to its dynamic and kinematic characteristics // J. Phys.: Conf. Ser. 1441 (2020).

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

4. Pudovkin, A. P., Panasyuk, Yu N., Danilov, S. N., Moskvitin, S. P. Synthesis of channel tracking for random process parameters under discontinuous variation. – Journal of Physics: Conference Series, Volume 1015, Issue 3, article id. 032112 (2018).

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 2018; Volume 1015, Issue 3, 22 May 2018.

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА, РЕАЛИЗУЮЩАЯ НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

А. П. Удалова

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

В настоящее время актуальной является проблема энергосбережения. На фоне роста применения наноматериалов, информации о теплофизических свойствах которых бывает недостаточно, необходима разработка методов и систем неразрушающего контроля теплофизических характеристик (ТФХ) материалов как в процессе их производства, так и при

эксплуатации готовых изделий. Существующие методы контроля ТФХ [1 – 3] имеют ряд недостатков, таких как необходимость изготовления образца, что нарушает целостность исследуемых объектов, влияние на результаты измерений контактных термосопротивлений и степени прижатия нагревателя к исследуемому объекту, влияние влажности и степени черноты.

С целью устранения указанных недостатков в [4] предложен метод определения ТФХ, таких как теплопроводность и температуропроводность, с использованием СВЧ-нагрева. На рисунке 1 представлена микропроцессорная информационно-измерительная система (ИИС), реализующая данный метод.

Для проведения микроволнового воздействия на исследуемый образец 1 электромагнитное излучение СВЧ-генератора 2 линзой из радиопрозрачного материала 3 фокусируют в линию 4 заданных размеров. Нагрев исследуемого объекта 1 осуществляют импульсным СВЧ-воздействием по линии 4 от излучающей рупорной антенны 5 с смонтированной в нее линзой 3. После микроволнового воздействия осуществляют контроль избыточной температуры на теплоизолированной от окружающей среды поверхности исследуемого объекта в точке контроля бесконтактным первичным измерительным преобразователем 6 (ПИП) температуры инфракрасного диапазона, который через коммутатор 7, нормирующий прецизионный усилитель 8 и аналого-цифровой преобразователь (АЦП) 9 подключают к микропроцессору 10. Микропроцессор 10 соединен через порт ввода-вывода 11 с СВЧ-генератором 5 и коммутатором 7, который осуществляет подключение ПИП. Данные эксперимента выводятся на индикатор 12. На основании полученной в ходе теплофизического эксперимента измерительной информации в микропроцессоре 10 рассчитываются искомые ТФХ.

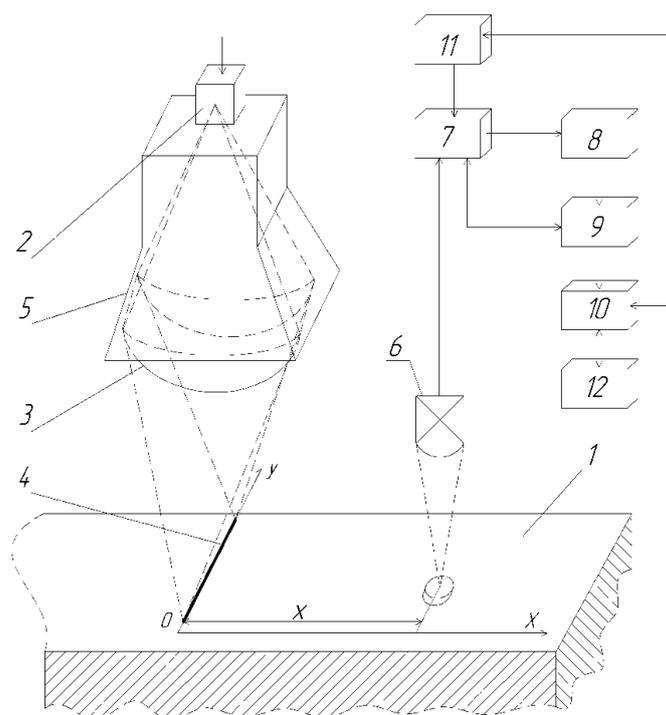


Рис. 1. Схема микропроцессорной ИИС, реализующей адаптивный СВЧ-метод неразрушающего контроля ТФХ строительных материалов и изделий

Экспериментальная проверка предложенного метода показала достаточную для теплофизических измерений точность, что позволяет применять данный метод в различных отраслях промышленности.

Библиографический список

1. Микроволновый метод и система неразрушающего контроля теплофизических характеристик строительных материалов / Д. О. Голиков, В. Н. Чернышов, А. В. Чернышов, В. И. Полухин // Вести высших учебных заведений Черноземья. – 2011. – № 1. – С. 8 – 12.
2. Пат. 2497105 Рос. Федерация N 2012116343/28. Способ неразрушающего контроля теплофизических характеристик строительных материалов и изделий; заявл. 23.04.2012 ; опубл. 27.10.2013, Бюл. N 30, 15 с.
3. Чернышов, В. Н. Микроволновый метод неразрушающего контроля теплофизических характеристик строительных материалов / В. Н. Чернышов, М. В. Жарикова, А. В. Чернышов // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2018. – Т. 84. – № 10. – С. 29 – 34.
4. Мордасов, А. С. СВЧ-нагрев в системе неразрушающего контроля теплофизических характеристик строительных материалов и изделий / А. С. Мордасов, А. П. Негуляева, В. Н. Чернышов // Контроль. Диагностика. 2020. – № 1. – С. 38 – 43.

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕТОДА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

А. П. Удалова, А. В. Чернышов, В. Н. Чернышов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: udalova.tmb@yandex.ru)

При определении теплофизических характеристик с целью уменьшения величины общей составляющей погрешности необходимо выделить доминанты и установить контроль за ними. В [1] предложен метод контроля теплофизических характеристик материалов и изделий, позволяющий контролировать теплопроводность и температуропроводность с необходимой для теплофизических измерений точностью. Анализ погрешностей предложенного метода заключается в разложении полной погрешности на компоненты и выявлении доминирующих компонент полной погрешности на аналитической основе [2, 3].

Полная погрешность определения теплопроводности Δa^* зависит от точности установления x_1, x_2, F_{x1}, F_{x2} . Следовательно, полная погрешность определения теплопроводности

$$\Delta a^* = \Delta_{x1} a^* + \Delta_{x2} a^* + \Delta_{F_{x1}} a^* + \Delta_{F_{x2}} a^*, \quad (1)$$

где $\Delta_{x1} a^*$ – погрешность, обусловленная отличием x_1 от истинного значения $x_1^{\text{ист}}$; $\Delta_{x2} a^*$ – погрешность, обусловленная отличием x_2 от истинного значения $x_2^{\text{ист}}$; $\Delta_{F_{x1}} a^*$ – погрешность, обусловленная отличием F_{x1} от истинного значения $F_{x1}^{\text{ист}}$; $\Delta_{F_{x2}} a^*$ – погрешность, обусловленная отличием F_{x2} от истинного значения $F_{x2}^{\text{ист}}$.

Полная погрешность определения температуропроводности $\Delta \lambda^*$ зависит от точности установления Q, F_{x1}, x_1 и точности измерения $T_{\text{зад1}}$ и a . Следовательно, полная погрешность определения температуропроводности

$$\Delta \lambda^* = \Delta_Q \lambda^* + \Delta_{F_{x1}} \lambda^* + \Delta_{x1} \lambda^* + \Delta_{T_{\text{зад1}}} \lambda^* + \Delta_a \lambda^*, \quad (2)$$

где $\Delta_Q \lambda^*$ – погрешность, обусловленная отличием Q от истинного значения $Q^{\text{ист}}$; $\Delta_{F_{x1}} \lambda^*$ – погрешность, обусловленная отличием F_{x1} от истинного значения $F_{x1}^{\text{ист}}$; $\Delta_{x1} \lambda^*$ – погрешность, обусловленная отличием x_1 от истинного значения $x_1^{\text{ист}}$; $\Delta_{T_{\text{зад1}}} \lambda^*$ – погрешность, обусловленная отличием $T_{\text{зад1}}$ от истинного значения $T_{\text{зад1}}^{\text{ист}}$; $\Delta_a \lambda^*$ – погрешность, обусловленная отличием a от истинного значения $a^{\text{ист}}$.

Соотношения (1) и (2) позволяют выделить доминирующие компоненты полных погрешностей теплопроводности Δa^* и температуропроводности $\Delta \lambda^*$. Результаты выделения доминант представлены в табл. 1. Отклонения каждого параметра составляют $\pm 10\%$ при постоянстве остальных.

1. Результаты выделения доминирующих составляющих

Параметр		x_1	x_2	F_{x1}	F_{x2}	Q	$T_{\text{зад1}}$	a
Максимальное отклонение, %	Δa^*	0,0001	0,007	50,37	27,99	–	–	–
	$\Delta \lambda^*$	0,0021	–	9,93	–	10	11,11	48,09

Анализ полученных данных показал, что доминантами полной погрешности определения теплопроводности являются F_{x1} и F_{x2} . Для полной погрешности температуропроводности доминирует a , далее следуют $T_{\text{зад1}}$, Q и F_{x1} . Компоненты x_1 и x_2 не вносят значительного вклада в полную погрешность определения теплопроводности и температуропроводности. Информация о вкладе компонент в общую погрешность измерений искомым ТФХ позволяет принять меры по их минимизации.

Библиографический список

1. Адаптивный метод неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов и изделий с применением энергии СВЧ-излучения для нагрева исследуемых объектов / В. Н. Чернышов, А. П. Удалова, С. П. Москвитин, А. В. Чернышов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2018. – Т. 24, № 1. – С. 16 – 23.

Чернышов, А. В. Анализ погрешностей бесконтактного метода неразрушающего контроля ТФХ материалов / А. В. Чернышов // Труды ТГТУ : сб. науч. ст. молодых ученых и студентов. – Тамбов : Изд-во ТГТУ. – 2004. – Вып. 16. – С. 63 – 67.

Анализ и синтез измерительных систем / В. Н. Чернышов, Т. И. Чернышова и др. – Тамбов : ТГТУ, 1995. – 234 с.

ВЫДЕЛЕНИЕ ПРИЗНАКОВ ЭКГ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЛЕКСНОГО ВЕЙВЛЕТА

А. Р. Аветисян, Я. И. Шнякина, В. В. Дубровин

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

В связи с необходимостью повышения качества диагностики сердечно-сосудистых заболеваний требуется усовершенствование способов выделения характерных признаков электрокардиограммы (ЭКГ). Перспективным методом обработки сигналов в данной области является вейвлет-преобразование [1]. В ходе работы был использован комплексный вейвлет, состоящий из МНАТ- и WAVE-вейвлетов. Особенностью МНАТ-вейвлета является симметричность и то, что его спектр представлен только действительной частью. Форма WAVE-вейвлета относится к нечетным функциям, следовательно, его спектр является мнимым. Данный факт позволяет использовать его при анализе сигналов, в которых присутствуют резкие скачки и мгновенные изменения.

Вейвлет-функции характеризуются следующими параметрами: t – время, a – коэффициент масштабирования, b – сдвиг по времени. Для выделения основных составляющих электрокардиосигнала, обладающих определенной частотой, используется параметр a . На рисунках 1 и 2 показано, как на примере зубца Т (1 – норма; 2 – в состоянии инфаркта), можно распознать отклонение его от нормы при частоте $a = 10$.

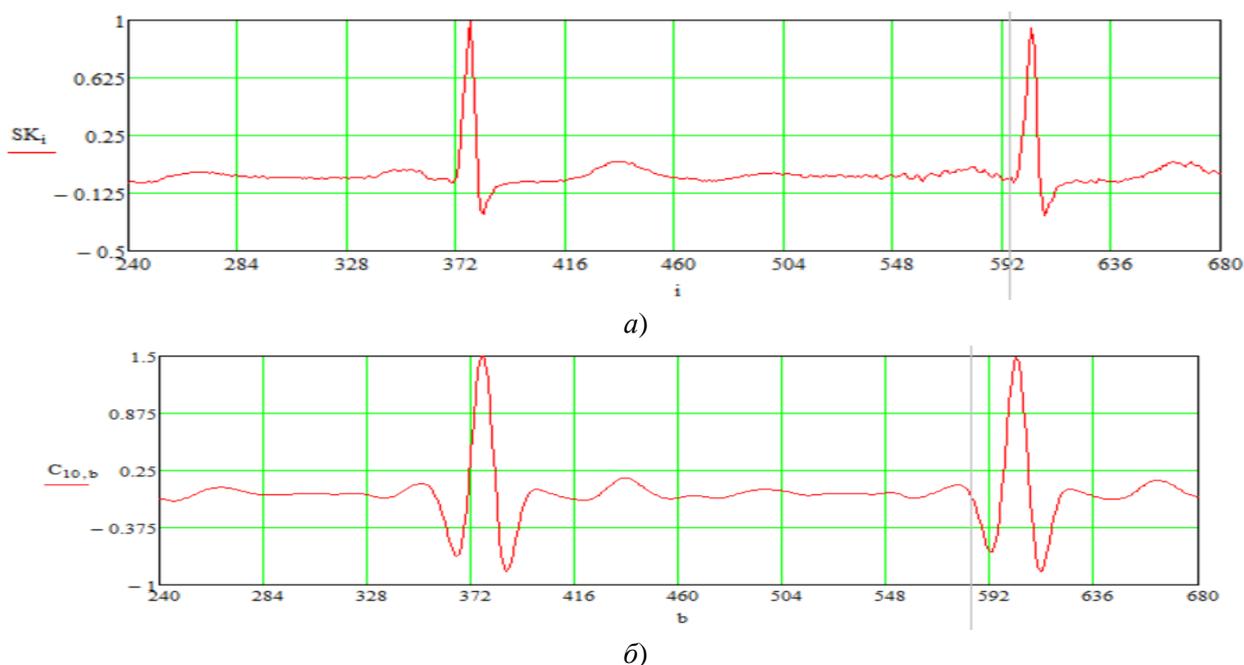


Рис. 1. Результаты вейвлет-преобразований ЭКГ в норме:
 a – исходный сигнал; b – С – МНАТ; b – СС – WAVE

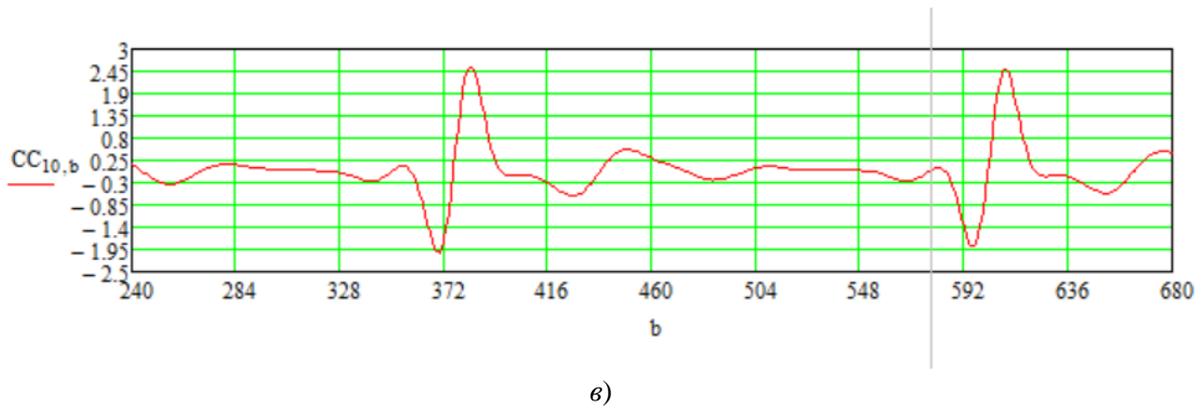
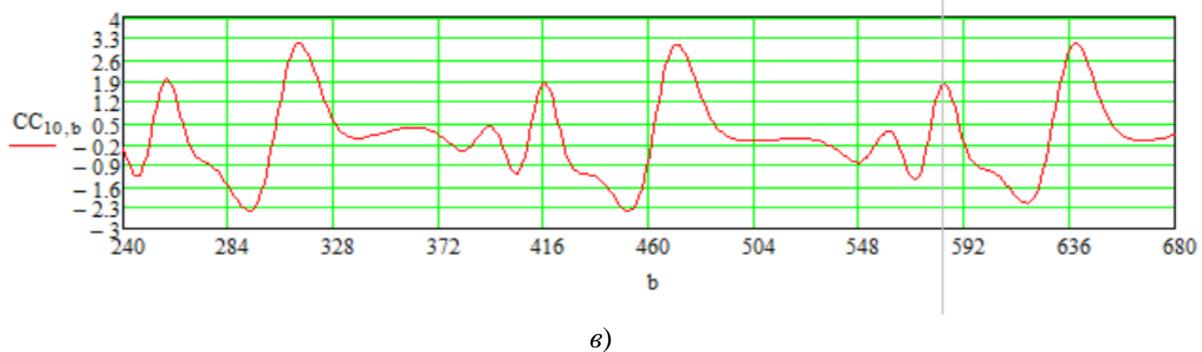
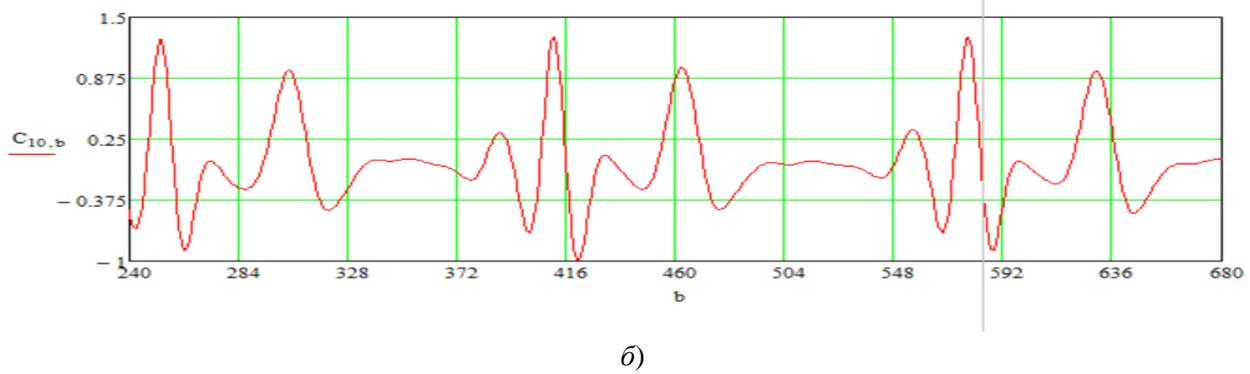
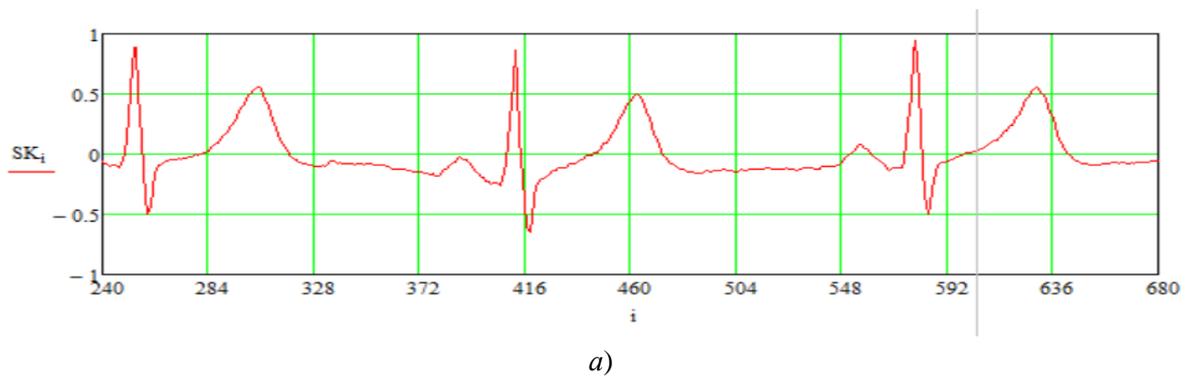


Рис. 1. Окончание



**Рис. 2. Результаты вейвлет-преобразований ЭКГ с отклонением:
а) Исходный сигнал; б) C – МНАТ; в) CC –WAVE**

Таким образом, использование комплексного вейвлета позволяет достаточно эффективно выделить требуемые признаки. Преимуществом данного подхода является то, что он позволяет учитывать различные типы изменений оцениваемых нестационарных параметров.

Библиографический список

1. Шнякина, Я. И. Фильтрация электрокардиосигналов при помощи дискретного вейвлет-преобразования / Я. И. Шнякина, А. Р. Аветисян, В. В. Дубровин // Шестая Всероссийская молодежная научная конференция, посвященная Дню радио и связи : тез. докл. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2021. – С. 388 – 390.

РАЗРАБОТКА ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА ГЕМОДИАЛИЗНЫХ АППАРАТОВ

А. А. Азимуратова

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: calamity991@gmail.com)*

Развитие современной медицины связано с технологическими и компьютерными возможностями [1 – 4]. В наше время набирают популярность интернет-магазины по продаже медицинской техники. Это обусловлено наглядностью получения информации об аппаратах для потенциальных клиентов. Для просмотра ассортимента магазина достаточно просто перейти на сайт и с помощью специальных фильтров выбрать аппарат с нужными параметрами.

Нашей задачей является создание интернет-магазина по продаже гемодиализных аппаратов на платформе для создания и развития интернет-проектов Wix.com, которая позволяет конструировать сайты и их мобильные версии на HTML5 с помощью инструментов drag-and-drop.

Проведенный обзор двадцати современных, распространенных гемодиализных аппаратов как зарубежных, так и отечественных производителей позволили составить более точную картину интернет-магазина.

Представлены модели гемодиализных аппаратов следующих фирм: немецкая компания Fresenius Medical Care, швейцарская компания Gambro Medical, немецкая компания Bbraun, российская торгово-производственная компания Гемодженкинс.

На основе этого разработан сайт интернет-магазина по продаже гемодиализных аппаратов «Dializ.com». На главной странице сайта представлены следующие разделы: о компании; каталог продукции; наши партнеры; имеющиеся сертификаты; новости; вакансии; контакты; отзывы.

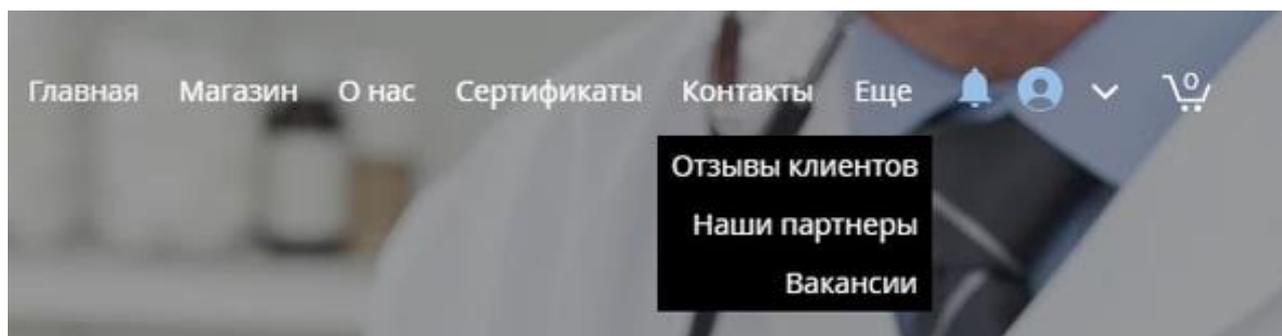


Рис. 1. Разделы интернет-магазина



Рис. 2. Страница «Каталог» интернет-магазина

Электронные магазины существенно уменьшают издержки производителя, сэкономя на содержании обычного магазина, расширяют рынки сбыта, так же, как и расширяют возможности покупателя – покупать любой товар в любое время в любой стране, в любом городе, в любое время суток, в любое время года. Это дает электронным магазинам неоспариваемое преимущество перед обычными магазинами. Этот момент является существенным при переходе производителей с «обычной» торговли на «электронную».

Библиографический список

1. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем / С. В. Фролов, С. Н. Маковеев, С. В. Семенова, С. Г. Фареев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 266 – 272.
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.

АНАЛИЗ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОХОЖДЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО И АКУСТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ВНУТРИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ТКАНИ

Н. В. Венцеровая, Т. М. Тымчук

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

Знание оптических и акустических свойств биологических тканей является важным аспектом при разработке адекватно описывающих математических моделей распространения излучений в биологических тканях.

Звуковые волны являются механическими по своей природе, так как в основе их лежит смещение частиц упругой среды от точки равновесия. Именно за счет упругости и происходит

передача звуковой энергии через ткань. Скорость распространения звуковой волны зависит от упругости и плотности биологической ткани. Чем выше плотность материала, тем медленнее распространяются в нем (при одинаковой упругости) ультразвуковые волны. Поглощение является результатом трения частиц друг об друга, в различных средах оно различно [1].

Теоретическая частотная зависимость затухания звука в некоторых мягких тканях и других биологических средах дается выражением:

$$\mu = bf^m, \quad (1.1)$$

где m – близится к единице, что характерно для большинства мягких тканей и биологических жидкостей человеческого организма. Коэффициент поглощения быстро увеличивается с возрастанием частоты, зависит от свойств вещества, в котором распространяется волна, а также температуры, давления и других условий.

При моделировании оптического излучения сквозь биоткани необходимо понять, какими именно процессами обуславливается прохождение излучения. В оптике биотканей есть 2 основных параметра – это поглощение и рассеяние.

Поглощение – это следствие частичного перехода световой энергии в тепловое движение или колебательную энергию поглощающих молекул. Поглощающая способность зависит от электронной структуры поглощающих элементов (атомов или молекул), а также от их температуры, длины волны излучения и концентрации.

Коэффициент поглощения (μ_a) – это сумма вкладов всех хромофоров (поглощающих центров) среды и определяется следующей формулой:

$$\mu_a(\lambda) = \sum_i \varepsilon_i(\lambda)[C_i], \quad (1.2)$$

где ε_i и C_i – коэффициенты экстинкции (т.е. ослабление пучка света при его распространении в веществе) и концентрации i -го хромофора. В биотканях основными поглощающими хромофорами являются молекулы воды или ненасыщенные группы атомов, обуславливающие поглощающее электромагнитное излучение[2].

Второй важный параметр – это коэффициент рассеяния (μ_s), он возникает за счет изменения показателя преломления среды. Благодаря этим свойствам рассеяние света применяется в качестве диагностических методов при исследованиях морфологических изменений в биологических тканях.

Таким образом, после определения входных параметров для математической модели, можно приступить к выбору метода численного метода исследования математической модели.

Библиографический список

1. Современные акустические методы исследования в биологии и медицине : учебно-методические материалы по программе повышения квалификации «Хранение и обработка информации в биологических системах» / под общ. ред. И. Ю. Демина, Н. В. Прончатов-Рубцова. – Н. Новгород. – 2007. – С. 8 – 13.

Распространение оптического излучения в биологических тканях / И. В. Красников, В. Е. Привалов, А. Ю. Сетейкин, А. Э. Фотиади // Вестник СПбГУ. – 2013. – Вып. 4. – С. 1 – 14.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ ТЕПЛОВИЗИОННОЙ СИСТЕМОЙ

Т. К. Гончарова, И. А. Попов, Е. Н. Родина

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

Обнаружение кровеносных сосудов – один из самых важных этапов многих медицинских процедур.

Актуальность данной тематики в том, что существующие способы визуализации подкожных вен и артерий с помощью измерения температуры на поверхности тела человека характеризуются применением процедур, вызывающих дискомфортные ощущения у пациента: применение сдавливания кровеносных сосудов до полного прекращения кровотока, резких температурных воздействий (помещение руки в холодную воду со льдом с последующим перемещением в горячую воду).

Блок-схема тепловизионной системы показана на рис. 1.

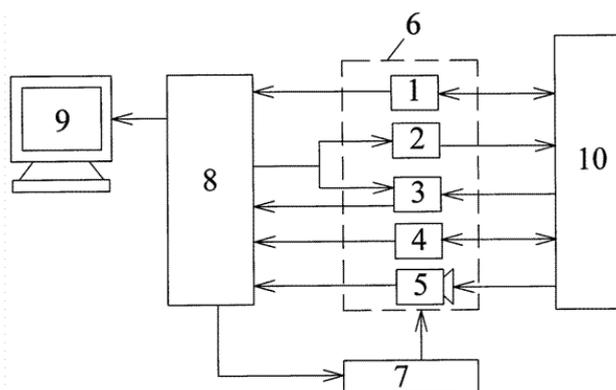


Рис. 1. Блок-схема тепловизионной системы:

- 1 – оптоэлектронный блок измерения температуры; 2 – источник света; 3 – датчик цвета;
4 – лазерный дальномер; 5 – видеокамера; 6 – неподвижная платформа;
7 – платформа системы позиционирования; 8 – мини-ЭВМ (ПК или микропроцессор);
9 – отображения информации; 10 – измеряемый объект

Для оценки эффективности тепловизионной системы по обнаружению кровеносных сосудов были проведены экспериментальные исследования. Результаты экспериментальных исследований показаны на рис. 2.

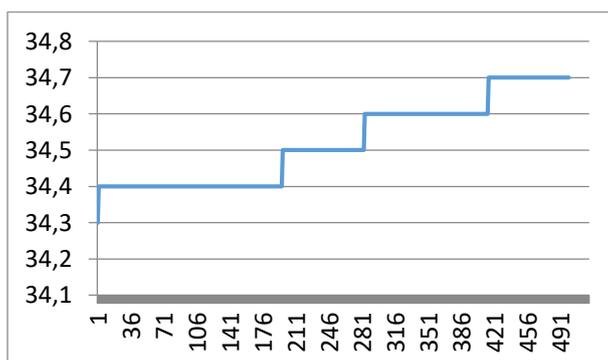


Рис. 2. Результаты измерения температуры на запястье руки человека

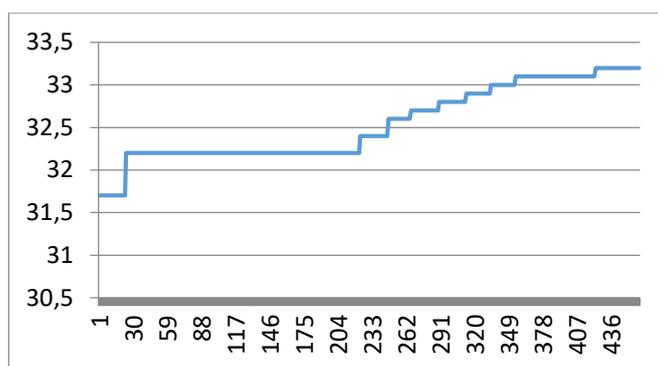


Рис. 2. Окончание

На рисунке 3 представлена схема расположения кровеносных сосудов на запястье руки человека.

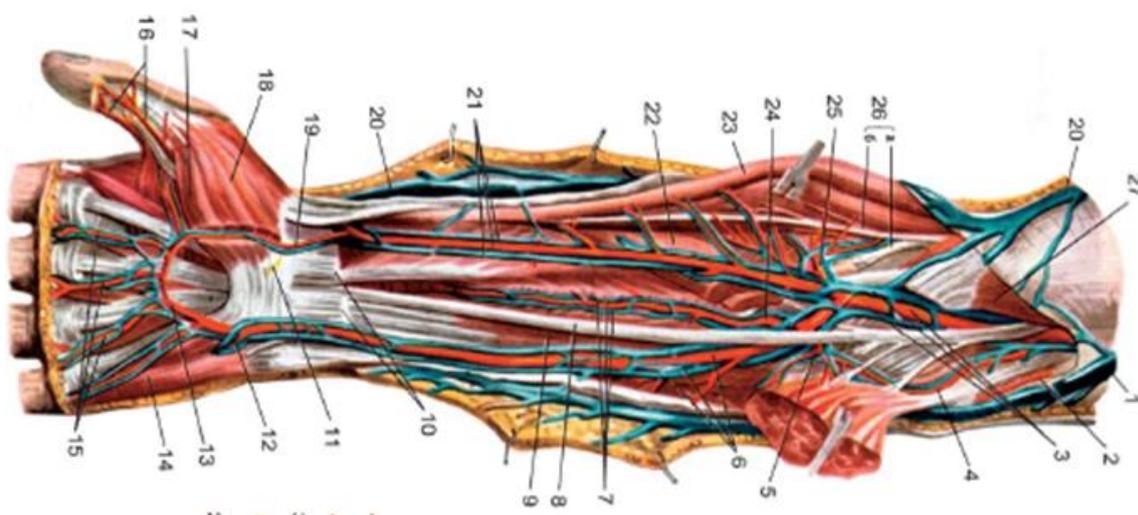


Рис. 3. Схема расположения кровеносных сосудов на запястье руки человека:

- 1* – медиальная подкожная вена руки; *19* – поверхностная ладонная ветвь лучевой артерии;
- 20* – латеральная подкожная вена руки; *21* – лучевые вены и артерия;
- 24* – общие межкостные артерия и вена

Из сравнения схемы расположения кровеносных сосудов на запястье руки человека полученных термограмм можно сделать вывод о слабой корреляции результатов измерений тепловизионной системы и расположения наиболее мощных кровеносных сосудов.

Таким образом, существующие тепловизионные системы не способны получить точную картину расположения кровеносных сосудов.

Библиографический список

Строев В. М. Способ визуализации подкожных вен в инфракрасном диапазоне спектра излучения / Строев В. М., Фесенко А. И. ; заявка № 2013131681/14, 09.07.2013, МПК А61В 5/01 ; опубликована 20.01.2015, Бюл. № 2.

ПРОБЛЕМА МИНИМИЗАЦИИ ГЕЛИЯ В АППАРАТЕ МРТ

Г. П. Ильин, Я. И. Шнякина, А. Р. Аветисян, С. В. Проскуряков

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: gregilyn@mail.ru)

Магнитно-резонансная томография в последние десятилетия стала одним из самых распространенных методов медицинской диагностики. Отсутствие побочных эффектов у данного метода и его безопасность позволяют проводить уточняющие обследования для оперативного отслеживания развития новообразований, изменения структуры соединительных тканей, динамики кровоснабжения с регулярностью, недоступной для рентгенологических исследований [1,2]. В настоящее время одной из главных проблем МРТ является зависимость от используемого в аппарате хладагента – жидкого гелия.

Наиболее универсальными аппаратами МРТ являются томографы со сверхпроводящими магнитами, которые и обеспечивают контрастность конечного изображения, создавая нужное магнитное поле. Чтобы добиться свойств сверхпроводимости, их нужно помещать в жидкий гелий с температурой около 4 К. Гелий в жидком состоянии конденсируется и поглощает тепло, поступающее от магнитов. Это стабилизирует температуру обмотки магнита, обеспечивая нормальную работу томографа, корректность результатов. Однако температура кипения гелия всего 4,215 К, вследствие чего устойчивость системы при изменении температуры крайне мала.

При нарушении температурного постоянства может произойти так называемый квенч – внезапная потеря сверхпроводимости. Катушка магнита обретает омическое сопротивление, после чего проводник начинает выделять тепло. Гелий из жидкого состояния начинает испаряться в газообразное, вследствие чего давление в системе охлаждения МР-томографа повышается. В подобной аварийной ситуации возможен выброс гелия, что может привести к поломке оборудования, травмам пациентов и персонала. Процедура замены гелия весьма дорогостоящая, кроме того, к самому хладагенту предъявляются высокие стандарты качества и чистоты. Одной из возможных проблем МРТ в ближайшем будущем может стать дефицит гелия, запасы которого ограничены, поскольку необходимый объем хладагента в МР-томографе значителен, в среднем – от 800 до 1200 литров (рис. 1). Это также утяжеляет аппарат, что повышает требования к помещению, в котором планируется его установка.

Сейчас мировые лидеры в сфере разработки и производства МРТ активно развивают технологии минимизации гелия. Методы нулевого испарения являются одними из наиболее перспективных helium-free технологий. Так например, магниты, собранные по технологии Phillips Blue Seal, обладают системой микроциркуляционного охлаждения, что значительно снижает объем гелия. Для обеспечения нулевого испарения хладагента необходимое количество гелия помещается в магнит и герметизируется непосредственно на производстве (рис. 2). С применением данной технологии для поддержания сверхпроводимости в магните стало возможно применять всего 7 литров гелия, причем, этого количества хватает на весь срок службы аппарата. Кроме того, при столь значительном уменьшении объема хладагента повышается безопасность при аварийных ситуациях – при квенче подобное количество гелия не сможет создать достаточного давления, чтобы нарушить целостность охлаждающего контура.



Рис. 1. Стандартная система охлаждения магнита в МРТ

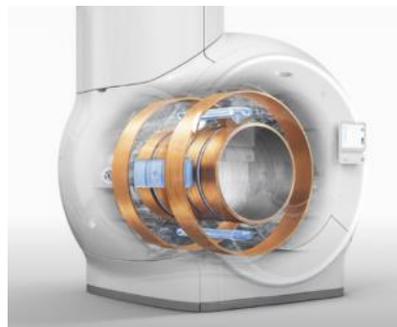


Рис. 2. Магнит по технологии Philips Blue Seal

При всех плюсах – снижении гелиевой зависимости, уменьшении стоимости технического обслуживания аппарата, повышении надежности и безопасности – на данном этапе развития helium-free технологий они все еще слишком дороги для массового применения. Однако, с накоплением опыта работы с подобными томографами, налаживанием производственной линии, подобные технические решения смогут стать еще более доступными, чем аппараты с классическими сверхпроводящими магнитами.

Библиографический список

1. Применение спектральной фототерапии и экспресс-анализа микроэлементов в медицине / В. А. Непомнящих, Е. М. Рукин, С. А. Мигунов, А. В. Творогова // *Фундаментальные исследования*. – 2009. – № 9. – С. 89 – 91.
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.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИНКУБАТОРОВ ДЛЯ НОВОРОЖДЕННЫХ

О. А. Касулина

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

Инкубаторы для новорожденных используются для поддержания температуры тела новорожденных с проблемами терморегуляции и недоношенных детей, а также являются вспомогательным оборудованием для проведения реанимации [1 – 3]. Недоношенные дети особенно подвержены потерям тепла, поэтому важно вовремя и быстро восполнить потерю тепла и поместить ребенка в комфортную среду. Применяются инкубаторы в родильных отделениях, реанимациях и палатах интенсивной терапии новорожденных, в учреждениях всех уровней оказания помощи новорожденным.

General Electric(GE) – американская многоотраслевая корпорация предлагает широкий ассортимент кювезов для новорожденных от компании.

Инкубатор интенсивной терапии Giraffe Omnibed (рис. 1) является последней разработкой среди систем, предназначенных для обеспечения оптимальных условий для выхаживания новорожденных, родившихся в критических состояниях, и превосходит по своим клиническим характеристикам инкубаторы других производителей.



Рис. 1. Инкубатор интенсивной терапии Giraffe Omnibed

Giraffe Omnibed – система, в которой сочетаются характеристики традиционного инкубатора и открытой реанимационной системы с источником лучистого тепла. Превращение инкубатора в реанимационную систему и обратно происходит в течение нескольких секунд одним нажатием кнопки. Возможность изменения рабочего клинического пространства улучшает качество помощи и уменьшает стресс для ребенка, членов семьи и медперсонала. Когда Giraffe Omnibed используется как инкубатор, инновационный двунаправленный воздушный поток через двойные стенки создает стабильную температурную среду. При открывании любой дверцы дополнительный воздушный занавес Boost Air Curtain™ защищает ребенка от потери тепла. Когда Giraffe Omnibed используется как открытая реанимационная система, тепло равномерно распределяется по всей поверхности матрасика (без обогрева медперсонала). Независимо от положения на ложе ребенок подвергается равномерному согреванию при всех процедурах и вмешательствах (включая рентгеновское обследование). Giraffe Omnibed удовлетворяет быстро меняющимся потребностям пациента как в отделении интенсивной терапии новорожденных, так и в родильном зале. Стабильная температурная среда в обоих режимах использования реанимационного комплекса Giraffe Omnibed и его легкая транспортабельность позволяют как можно меньше прикасаться к ребенку и перекладывать его. Прекрасный доступ к ребенку, мгновенно обеспечиваемый с 3-х сторон, гарантирует легкость проведения процедур, что позволяет значительно увеличить производительность труда в отделении интенсивной терапии.

Библиографический список

1. 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.
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.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АППАРАТНОЙ КОСМЕТОЛОГИИ

В. В. Крапивина, Т. А. Фролова

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: krapivina0202@gmail.com)*

Современная косметология ставит перед собой важнейшую задачу – сохранить природную красоту всех частей тела человека, а при необходимости исправить недостатки внешности [1 – 5].

Аппаратная косметология – это сравнительно новое направление в косметологии, подразумевающее использование физиотерапевтической аппаратуры для лечебного и эстетического воздействия [2].

Один multifunctional косметологический комбайн совмещает в себе функции до 20 разных приборов, что дает возможность сэкономить денежные средства, расширить функционал кабинета и провести большое количество востребованных процедур для лица и для тела.

В ходе работы был проведен анализ пяти косметологических комбайнов, полученные данные приведены в табл. 1.

В результате сравнения технических характеристик видно, что выигрывает китайское оборудование. Но, если говорить о долговечности и работоспособности, многие китайские модели пока все еще уступают своим европейским собратьям.

Поэтому – лидером по техническим характеристикам и по соотношению цена-качество становится российское оборудование.

Отличительной особенностью продукции российских производителей являются вполне доступные цены на оборудование и комплектующие.

Повышенная износостойкость отдельных моделей, представленных российскими заводами, обеспечивает более длительный срок службы и существенно уменьшает затраты, связанные с ремонтом и обслуживанием.

Нет никаких сомнений, что малоинвазивная хирургия будет стремительно развиваться, заменяя традиционные вмешательства.

1. Технические характеристики оборудования

Название	8D MICROS, Китай	Intra Derma Touch Rainbow, Италия	PMG-i7, Россия	Meso Platinum, Россия	Velashape V9, Велико- британия
Длина волны, мм	3	3,5-7	3-4	5	7
Цена, Р	80 700	1 700 000	137 900	60 000	449 900
Мощность, Вт	750	250	800	500	800
Мощность RF, Дж/см	50	25	30	20	30
Частота RF, МГц	5	4,70	3-5	5	5
Датчик температуры	да	Да, (35...50)	нет	да	да
Количество манипул	8	3	7	7	6
Количество функций	8	12	5	7	6
Отличительная особенность	Многофунк- циональность	Автоматическое отключение температуры	Особое строение мани- пулы	Возможность доп. разл. функциями и манипулами	Каждая манипула с RF-лиф- тингом

Библиографический список

1. Федотов, В. П. Основы практической косметологии : учебное пособие для студентов / В. П. Федотов, В. А. Бочаров, Е. Ю. Корецкая. – 2016. – С. 312.
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. 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.
4. Фролов, С. В. Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. – С. 112 – 117.

3D-ДИАГНОСТИКА – ПРОВОДНИК В МИР ЦИФРОВОЙ АППАРАТНОЙ КОСМЕТОЛОГИИ

В. О. Лычагина, Т. А. Фролова

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: lychagina1609@rambler.ru)*

К настоящему времени выполнено немало исследований и накоплено огромное количество бесспорных доказательств того, что на самом деле внешность имеет огромное значение всегда и повсюду, и это приводит в замешательство. Люди готовы отдать любые деньги, чтобы бы их внешность соответствовала их ожиданиям.

Начиная с 40-х годов XX века аппаратная косметология помогает людям бороться с внешними несовершенствами. Действовать наугад при решении эстетических проблем, а именно с дефектами лица и кожи неэффективно и даже опасно. Аппаратная косметология динамично развивается и дает человеку возможность увидеть ожидаемый результат заранее, до процедур, на экране монитора, с помощью 3D-диагностики [1 – 5].

Трехмерная диагностика эстетических проблем лица выявляет мельчайшие дефекты кожи. Благодаря этой уникальной процедуре, косметолог может составить полную картину особенностей вашего лица и предложить лучшие инъекционные и аппаратные процедуры.

Трехмерная диагностика выполняется с помощью 3D-сканера. 3D-сканер – это важнейшая технология в медицинских и эстетических центрах, которая позволяет получить точную модель тела или отдельных его частей. Это неотъемлемый атрибут для диагностики, визуализации результатов или проектирования. Во время сканирования аппарат распознает геометрию тела, а сенсоры формируют облако точек. На основе полученной информации программное обеспечение устройства проектирует полигональную модель тела и переносит ее на экран компьютера. Трехмерная модель становится базисом для дальнейшей работы.

В медицине, в целом, используются два вида 3D-сканеров: оптические и лазерные.

В оптическом 3D-сканере исследуемые области подсвечиваются структурированным светом, в то время как камеры фиксируют результат с разных ракурсов. Область засвечивается полосой света или специфическим паттерном (черно-белыми полосами или квадратами). Деформация света или паттерна передает устройству информацию о форме и глубине предмета. Процесс записывается одной или двумя камерами, которые передают в ПО компьютера информацию о структуре объекта. Лазерный сканер измеряет расстояние до исследуемого объекта и определяет актуальную длину лучей. Направление лазера регулируется энкодерами. На основе анализа отражения лучей формируется облако точек, которое составляет трехмерное изображение исследуемого объекта.

На рынке приборов и аппаратов для косметологии 3D-сканер занимает высокую позицию. Популярными являются такие аппараты, как аппарат 3D LifeViz® Mini (компания QuantifiCare, Франция), Antera 3D, аппарат VectraXT 3D(США) и другие.

Именно с помощью этих аппаратов косметолог может максимально точно визуализировать планируемые изменения во внешности пациента, обсудить с клиентом выявленные дефекты, способы их ликвидации и то, как будет меняться лицо, тело после проведения одного или нескольких видов процедур, ориентируясь на его пожелания. Это в несколько раз повышает шансы на то, что процедуры дадут ожидаемый вами эффект и не навредят.

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. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем / С. В. Фролов, С. Н. Маковеев, С. В. Семенова, С. Г. Фареев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 266 – 272.
3. Фролова, М. С. Оптимальный выбор изделия медицинской техники с использованием информационных систем в здравоохранении / М. С. Фролова, С. В. Фролов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 19(3). – С. 553 – 561.
4. Фролов, С. В. Объектно-ориентированная декомпозиция информационной модели изделий медицинской техники / С. В. Фролов, М. С. Фролова // Ползуновский альманах. – 2016. – № 2. – С. 112 – 117.
5. Косметологические лазеры [Электронный ресурс]. – URL : <mailto:https://medeq.ru> (дата обращения: 26.09.2021).

УСТРОЙСТВО ДИАГНОСТИКИ ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ КОСТЕЙ И СУСТАВОВ НА ОСНОВЕ ТЕПЛОВИЗИОННОЙ СИСТЕМЫ С ВИДЕОКОНТРОЛЕМ

И. А. Попов, Т. К. Гончарова, Е. Н. Родина

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: popovigor99@mail.ru)*

Устройство диагностики заболеваний костей и суставов может быть использовано в хирургических клиниках.

Техническим результатом данной работы является уменьшение времени, затраченного на диагностику воспалительных заболеваний костей и суставов за счет замены термопар на ИК-датчики температуры.

Устройство, представленное на рис. 1, состоит из ИК-датчиков температуры 1 и 2, усилителя 3, компаратора 4, светодиода 5, блока обработки и регистрации (БОР) 6, вычитающего устройства 7, видеокамеры 8, единой платформы 9, на которой расположены ИК-датчик 2, светодиод 5 и видеокамера 8, датчика температуры воздуха 10, делителя напряжения 11.

Датчик температуры воздуха 10 через делитель напряжения 11 соединен с отрицательным входом вычитающего устройства, а выход ИК-датчика температуры 1, установленного над здоровым участком тела, через усилитель 3 соединен с положительным входом вычитающего устройства 7, выход которого соединен с отрицательным входом компаратора 4, выход ИК-датчика температуры 2, установленного над больным участком тела, соединен с положительным входом компаратора 4, выход которого соединен с первым входом блока обработки и регистрации 6, второй вход которого связан с выходом видеокамеры 8.

Устройство для диагностики воспалительных заболеваний костей и суставов работает следующим образом.



Рис. 1

Больным с заболеванием костей и суставов измеряют температуры обследуемого участка и симметричного ему здорового участка тела. Для этого два ИК-датчика располагают над исследуемыми участками тела (здоровым и больным), при чем для регистрации сигналов с больного участка тела используется ИК-датчик, размещенный на единой платформе с видеокамерой и светодиодом. В верхнем левом углу обследуемого участка наносится маркер. Монитор блока обработки и регистрации располагается в непосредственной близости от обследуемого участка. Производится установка платформы в начальную точку обследования, при этом световое пятно от светодиода (в дальнейшем просто световое пятно) находится рядом с маркером. При обследовании непрерывно производятся видеосъемка и измерение температуры обследуемого участка, для чего единая платформа перемещается вдоль и поперек исследуемого участка. В текущем кадре видеокамеры отображается обследуемый участок, маркер и подсвеченная светодиодом точка, в которой производится измерение температуры. Кадры видеоизображения передаются в блок обработки и регистрации. Первый кадр запоминается и используется при формировании информационных кадров, выводимых на монитор БОР. Для формирования информационных кадров в каждом текущем кадре от видеокамеры определяется положение светового пятна и в информационный кадр добавляется точка определенного цвета в текущем месте нахождения светового пятна.

Если разность между величиной сигнала от второго ИК-датчика и разности усиленного сигнала в 1.18 раз от первого ИК-датчика температуры и сигнала от датчика температуры воздуха, умноженного на коэффициент 0.18 больше или равна нулю, то в текущем информационном кадре добавляется точка желтого цвета, а если нет – то белого цвета.

Разработанное устройство позволит повысить качество медицинского обследования и обнаружения воспалительных процессов.

Библиографический список

1. Дубровский, В. И. Биомеханика : учебник / В. И. Дубровский, В. Н. Федорова. – М. : Изд-во ВЛАДОС-ПРЕСС, 2003. – С. 198.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОКАЗАНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО МЕДИЦИНСКОГО КОМПЛЕКСА

Е. Н. Родина, Т. К. Гончарова, И. А. Попов

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: elizawetanika@yandex.ru)

В настоящее время возможности оказания медицинской помощи во многом ограничены отсутствием первичной информации о состоянии пациента.

Сейчас оказание помощи производится по следующему сценарию.

У пациента во время отдыха на природе за городом случается приступ. Знакомый, который в это время находится рядом, звонит в скорую помощь. Машина скорой помощи может приехать в течение 60 минут, так как нужно ехать за город, по дороге возможны пробки. До прибытия специалистов ничего нельзя сделать, нет возможности срочно и наиболее верно оказать помощь. Приезжает машина скорой помощи, медицинские работники погружают пациента в машину, проводят доступное в данных условиях обследование, оказывают больному первую медицинскую помощь. Пациента доставляют в больницу, проводят более полное обследование. Ставят диагноз, назначают лечение.

Применение беспилотного медицинского комплекса (БМК) позволит реализовать более оптимистический сценарий.

У пациента во время отдыха на природе за городом случается приступ. Машина скорой помощи может приехать в течение 60 минут так как нужно ехать за город, по дороге возможны пробки. Человек, который находится рядом, звонит в скорую помощь и включает геолокацию в экстренных ситуациях (ELS) на устройстве Android. Специалисты посылают беспилотный медицинский комплекс со стандартным набором оборудования для обследования, набором лекарств. Через 5 минут БМК в точке геолокации и передает видео специалистам, которые по указаниям принимающего наводят БМК на больного. БМК производит обследование, полагаясь на указания специалистов через средства связи и передает полученные в результате диагностики данные специалистам, которые на их основе ставят первичный диагноз и дают указания о необходимых мерах для улучшения самочувствия больного. Приезжает машина скорой помощи, медицинские работники, уже подготовленные к необходимым действиям, оказывают необходимую помощь.

Беспилотный медицинский комплекс предусматривается оснастить следующими приборами: видео-тепловизионная система для первичного визуального осмотра, измерения температуры тела и обнаружения воспалительных процессов, пульсоксиметр для определения уровня сатурации и частоты сердечных сокращений, а также для формирования фотоплетизмограммы.

Существующие медицинские приборы не адаптированы к работе в условиях, далеких от стационара и сложны в применении. В частности, существующие в данный момент пульсовые оксиметры реагируют на малейшие движения (рис. 1) или неправильное положение тела, вследствие чего результат измерений может быть неточен, и человеку не будет оказана нужная ему помощь или же будет оказана без необходимости, что также негативно скажется на состоянии пострадавшего и усугубит ситуацию.

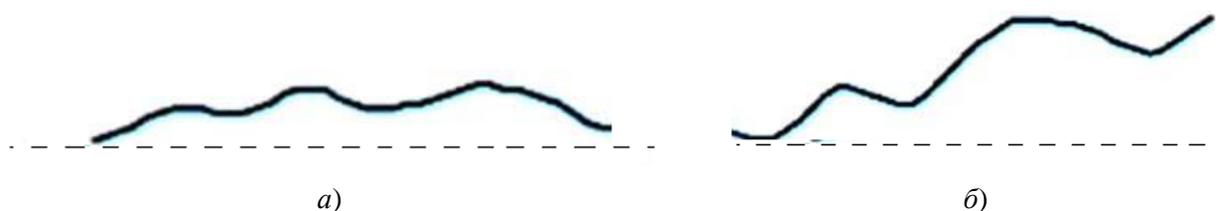


Рис. 1. Фотоплетизмограммы при движении руки (а) и пальца (б)

На рисунке 1 фотоплетизмограммы при движении руки и пальца. В отличие от нормальной ФПГ кривые полностью поменяли форму и по ним сложно что-либо определить.

Для исключения случаев неправильных измерений пульсоксиметром при произвольных движениях предполагается использование определения степени схожести реального сигнала и эталонного сигнала фотоплетизмограммы.

Библиографический список

1. Шурыгин, И. А. Мониторинг дыхания: пульсоксиметрия, капнография, оксиметрия. / И. А. Шурыгин. – СПб. : Невский Диалект, 2000. – 301 с.
2. Пат. № 2336662 С1 Российская Федерация, МПК Н04N 9/12. Устройство формирования и обработки изображения / А. Ю. Куликов, В. М. Строев ; заявитель ТВВАИУ. – № 2007101959/09; заявл. 18.01.2007 ; опубл. 20.10.2008, Бюл. № 29.

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ (БОС)

А. Самман, В. А. Шахнов, С. Зеитун

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

В России в настоящее время насчитывается ~1,3 млн человек, имеющих первую группу инвалидности. Треть из них – это инвалиды с серьезными функциональными ограничениями. Чтобы помочь этим людям, особенно тем, кто получил инвалидность в результате инсультов, травм и нейродегенеративных заболеваний, в последнее время предлагается использовать интерфейс «человек–машина». В настоящей работе предложена мобильная платформа виртуальной реальности, маскирующая реабилитационные тренировки под действия в рамках компьютерных игр, которые основаны на распознавании нервно-мышечных сигналов, полученных в результате тренировок движений реабилитации пациента. Данный метод основан на использовании электромиографического сигнала, позволяющего получать информацию о нервно-мышечной активности, которая его вызывает, в виде биоуправления с обратной связью (БОС) [1].

Электрмиография – метод регистрации и исследования биоэлектрических потенциалов, вырабатываемых скелетными мышцами человека и животных при воздействии на мышечные волокна. Физиологическая и математическая модель, связанная с ЭМГ, описывается следующим уравнением:

$$s(t) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=-\infty}^{+\infty} h_i(t) \delta(t - t_{ij}),$$

где h_i – временная форма волны потенциала действия моторного блока i -го моторного блока, t_{ij} – время i -го потенциала действия моторного нейрона, а $\delta(t)$ – единичная импульсная функция (функция Дирака) [2].

Биологическая обратная связь (БОС) – это «обратный» возврат человеку информации о функционировании его внутренних органов и систем, т.е. способ увидеть или услышать трудно ощутимые физиологические процессы, получить объективную информацию о состоянии различных систем организма и появление уникальной возможности, задействуя резервы организма, научиться управлять физиологическими процессами [3, 4].

Предлагаемая мобильная платформа состоит из модулей сбора данных ЭМГ, рукопожатия, предварительной обработки сигнала и выделения признаков, графического интерфейса пользователя и интегрированной аудиовизуальной обратной связи [4].

Алгоритм работы системы БОС-ЭМГ

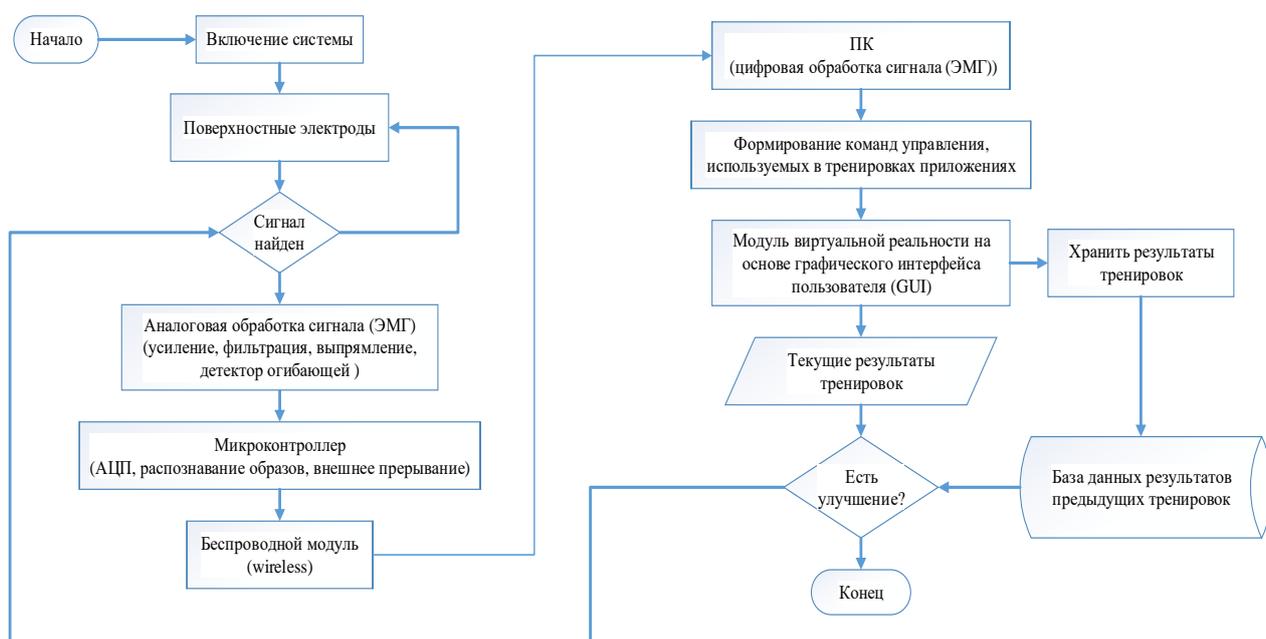


Рис. 1. Алгоритм работы мобильной платформы виртуальной реальности на основе биологической обратной связи электромиографии

Преимущества, которые отличают предлагаемую платформу от других, доступных в настоящее время, следующие: удобство, низкое потребление электроэнергии, относительно небольшая цена, небольшой объем и возможность переносить ее в любое место. Это делает ее доступной для всех пациентов, в дополнение к возможности пациента взять ее с собой в любое место, и, следовательно, пациенту не нужно посещать медицинский центр, что снижает нагрузку на пациента и его семью.

Библиографический список

1. Будко, Р. Ю. Распознавание мышечных усилий по сигналу лицевой электромиограммы в режиме реального времени / Р. Ю. Будко, Н. Н. Чернов, А. Ю. Будко // Научный вестник НГТУ. – 2018. – Т. 71, № 2. – С. 59 – 74.
2. Самман, А. Создание модели в среде Simulink в MATLAB для чтения и обработки сигнала ЭМГ в режиме реального времени / А. Самман // Богатство России : сб. докладов. – 2018. – С. 91 – 94.
3. Демин, А. А. Методы и средства визуальных упражнений для адаптивной коррекции тонкой моторики кистей рук в условиях невесомости / А. А. Демин, А. И. Власов, В. А. Шахнов // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Приборостроение. – 2015. – № 3. – С. 23 – 38.
4. Самман, А. Мобильная платформа виртуальной реальности для восстановления функций верхних конечностей с использованием данных электромиографии / А. Самман, В. А. Шахнов // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Приборостроение. – 2021. – № 3(136). – С. 84 – 99.
5. Самман, А. Постинсультная реабилитация функции руки на основе биологической обратной связи электромиографии (БОС-ЭМГ) / А. Самман, В. А. Шахнов // Датчики и Системы. – 2021. – № 1. – С. 42 – 46.

РАЗРАБОТКА ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА ИНКУБАТОРОВ ДЛЯ НОВОРОЖДЕННЫХ

А. Д. Тесленко, А. П. Филимонова

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: nastya.teslenko.99@list.ru)*

Инкубаторы для новорожденных – это медицинское оборудование, предназначенное для выхаживания и проведения эффективного лечения недоношенных и ослабленных детей в родильных домах, в отделениях неотложной и лечебной педиатрии [1 – 3].

Сегодня без этого оборудования невозможно представить ни одно отделение неонатологии. Сейчас, в современном мире миллионы людей ежедневно, не выходя из дома, покупают различные товары в электронных магазинах. Огромными темпами растет количество пользователей Internet и, как следствие, количество «электронных» покупателей и потенциальных «электронных» покупателей.

Нашей задачей является создание интернет-магазина по продаже инкубаторов для новорожденных на платформе Wix.com, которая позволяет конструировать сайты и их мобильные версии на HTML5 с помощью инструментов drag-and-drop.

Был создан сайт для фирмы «Baby life», которая занимается продажей инкубаторов для новорожденных (рис. 1). На сайте представлены следующие разделы: главная страница, каталог продукции, доставка и оплата, акции, сервис и ремонт, партнеры, новости, вакансии, о компании, контакты, отзывы.

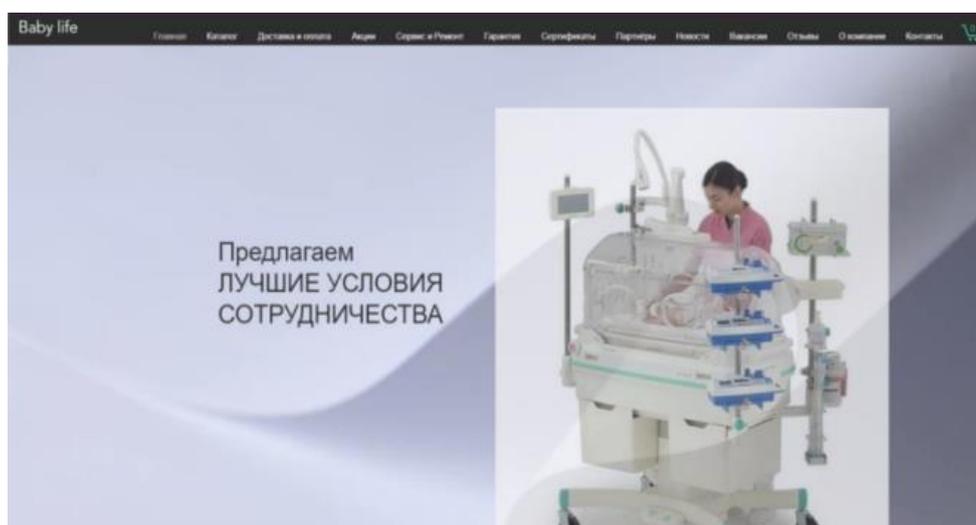


Рис. 1. Главная страница интернет-магазина

В самой верхней части сайта располагается зафиксированное горизонтальное меню, по которому можно перейти на нужную страницу. Для удобства пользования каталога продукции была добавлена фильтрация товаров по разным критериям: цена, фирма-производитель, виды инкубаторов. Также есть возможность сортировки оборудования по цене (рис. 2).

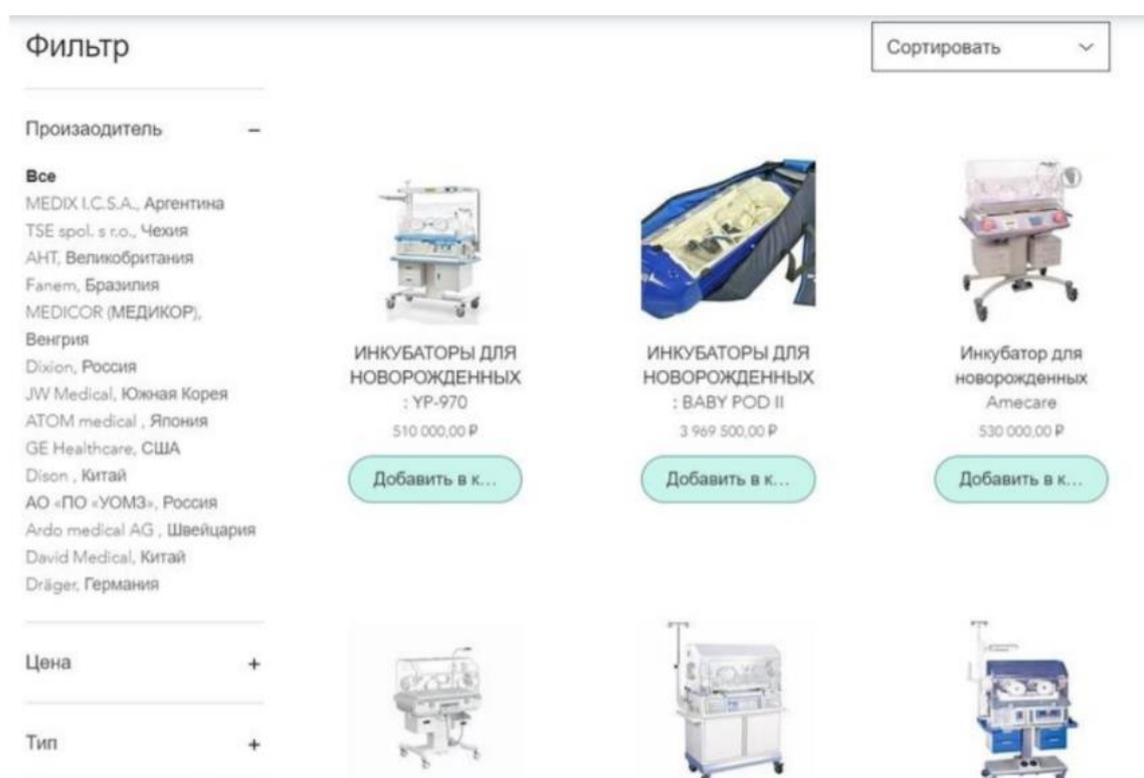


Рис. 2. Каталог интернет-магазина

Таким образом, был разработан сайт интернет-магазина по продаже инкубаторов для новорожденных «Baby life». С развитием электроники все больше людей перестают бояться совершать покупки в интернете. Выручки интернет-магазинов продолжают расти, а начинающие предприниматели все чаще задаются вопросом – «Нужно ли запускать свой онлайн-

магазин?». Безусловно, наличие такого инструмента позволит сэкономить на аренде помещения, найме сотрудников и т.д. Покупки в интернет-магазинах весьма полезный опыт. Будущее за дистанционной торговлей. И если прежде вы не покупали онлайн, то лучше времени, чем сейчас, не найти.

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. Информационная модель медицинской техники на основе объектно-ориентированного подхода / М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2015. – № 4(58). – С. 139 – 145.

3. Фролова, М. С. 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.

КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УЗИ-СКАНЕРА С РЕЖИМОМ ДОПЛЕРОВСКОГО КАРТИРОВАНИЯ

Т. М. Тымчук, В. Н. Венцера

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: tyntan98@yandex.ru)*

Ультразвуковое сканирование на сегодняшний день – один из самых безопасных методов диагностики. С помощью этого метода обследования можно оценить состояние практически всех систем организма от пищеварительной до репродуктивной. Сканирование не имеет значительных побочных эффектов, не вызывает боли. Полученные результаты помогают врачам выявить патологию на ранних стадиях и вовремя провести эффективное лечение. Но для правильного обследования необходима верная работа аппарата, поэтому необходимо проводить контроль технического состояния.

Ультразвуковой аппарат (ультразвуковой сканер) – это диагностический прибор, оснащенный преобразователем, который излучает и принимает звуковые волны высокой частоты. Его принцип действия основан на использовании высокочастотных звуковых волн для исследования внутренних структур тела. В режиме ЦДК (цветное доплеровское картирование) с помощью специальной программы ультразвукового сканера просвет сосуда окрашивается в цвет в зависимости от направления и скорости кровотока. Оцениваются дефекты наполнения, направление кровотока, участки ускоренного кровотока или отсутствие кровотока [1].

Контроль технического состояния медицинской техники – проверка соответствия значений параметров и характеристик изделия медицинской техники требованиям нормативной и эксплуатационной документации, выявление изношенных и поврежденных частей (деталей), проверка действия всех защитных устройств и блокировок, наличия и ведения эксплуатационной документации.

Для контроля технического состояния необходима проверка следующих технических параметров УЗИ-сканера:

- 1) однородность изображения;
- 2) осевая разрешающая способность;
- 3) поперечная разрешающая способность;
- 4) разрешающая способность по толщине;
- 5) разрешающая способность по контрасту;
- 6) глубина мертвой зоны;
- 7) глубина обзора.

Для проверки параметров необходим специальный тест-объект [2], которым может являться фантом. Акустические параметры среды фантома должны соответствовать усредненным параметрам мягких тканей человеческого тела в частотном диапазоне от 0,5 до 15 МГц. При установке датчика на сканирующую поверхность объекта контроля необходимо соблюдать инструкцию по эксплуатации УЗИ-сканера. Датчик необходимо установить в положение, соответствующее оптимальной визуализации выбранной цели или группы целей. Если при оценке глубины обзора или точности измерений в продольном направлении выбрана вертикальная линейка точечных целей, то датчик устанавливается так, чтобы плоскость сканирования была перпендикулярна нитям мишени, а точечные изображения нити, расположенные в линии, находились посередине области изображения.

Библиографический список

1. Осипов Л. В. Ультразвуковые диагностические приборы. Режимы, методы и технологии / Л. В. Осипов. – М. : Изомед, 2011. – 316 с.
2. ГОСТ Р 56606–2015. Контроль технического состояния и функционирования медицинских изделий. Основные положения.

АНАЛИЗ КРИТЕРИЕВ ВЫБОРА ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ АНАЛИЗАТОРОВ

А. П. Филимонова, А. Д. Тесленко

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

(e-mail: filimonova.n.68@gmail.com)

Гематологические анализаторы или анализаторы крови – это приборы, которые ведут подсчет лейкоцитов, эритроцитов и тромбоцитов автоматически используя принцип Култера (Coulter), а также измеряют концентрацию гемоглобина (HGB) колориметрическим методом. Остальные параметры получают расчетным методом автоматически. В настоящее время данные приборы широко используются для анализа крови при диагностике заболеваний, что актуально для мониторинга здоровья в современном мире, в котором условия окружающей среды ухудшаются с каждым годом [1 – 8].

Проведен анализ основных производителей гематологических анализаторов: Sysmex (Япония), Siemens (Германия), Idexx (США), Horiba (Япония), Beckman Coulter (США),

Mindray (Китай), Erba (Чехия), Diatron (Австрия), Urit (Китай) и Abbott Laboratories, S.A. (США). Также выделены следующие основные характеристики по подбору данной медицинской техники (табл. 1).

1. Основные параметры подбора гематологических анализаторов

Характеристика	Показатели
Количество измеряемых параметров	От 20 до 70 параметров
Время на анализ	От 1 до 10 мин
Производительность	От 35 до 125 проб/час
Количество, расход и стоимость используемых реагентов	От 3 до 5 реагентов
Объем образца крови	От 10 μ L до 150 μ L
Тип образцов крови для исследований	Цельная кровь, капиллярная кровь и предварительное разведение
Тип пробирок	Закрытые или открытые
Тип анализатора	3 diff и 5 diff
Количество гистограмм	WBC, RBC, PLT
Обработка результатов и их хранение	От 100 до 90 000 результатов

Таким образом, в данной работе нами были рассмотрены общие характеристики по подбору гематологических анализаторов и проведен обзор основных фирм-производителей анализаторов крови.

Библиографический список

1. Фролова, Т. А. Информационные модели для оценки медицинского устройства / Т. А. Фролова, М. С. Фролова // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Вып. 4, Т. 3. – С. 123 – 128.
2. Фролова, Т. А. Information models of a medical device for its evaluation / Т. А. Фролова, М. С. Фролова, И. А. Толстухин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 587 – 591.
3. Фролова, М. С. 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.

4. Коновалова, К. Н. Современные средства обработки информации в ядерной медицине / К. Н. Коновалова, Т. А. Фролова // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. – Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2016. – Вып. 2, Т. II. – С. 259 – 263.

5. 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.

6. Фролова, М. С. Системы поддержки принятия решений для задач оснащения лечебных учреждений медицинской техникой / М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – Специальный выпуск 52. – С. 106 – 111.

7. Современные тенденции развития рынка медицинских информационных систем / С. В. Фролов, С. Н. Маковеев, С. В. Семенова, С. Г. Фареев // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 266 – 272.

8. 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.

BASIC ZERO-DIMENSIONAL MODEL OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM WITH A PULSATING HEART

S. V. Frolov¹, D. Liepsch², D. Sh. Gazizova³, A. A. Korobov⁴

*^{1,4}Tambov State Technical University, Tambov, Russia
(e-mail: sergej.frolov@gmail.com)*

*²Department of Building Services Engineering and Print and Media Technology,
Munich University of Applied Sciences, Munich, Germany*

³Bakoulev Center for Cardiovascular Surgery of RAMS, Moscow, Russia

Mathematical modeling of cardiovascular system provides an ability to study hemodynamics and to predict the results of treatment based on individual anatomical and physiological data of patients. However, the presently developed models of cardiovascular system have a limitation on use in clinical practice due to their physical and computational complexities. The aim of this study is to derive a lumped parameter model of cardiovascular system with pulsating heart in which all parameters have a physically based quantitative value and can be identified using clinical methods. For development of a cardiovascular system model the chamber analog was used which describes whole cardiovascular system as a set of elastic chambers. The proposed model consists of systemic and pulmonary circulation, four-chamber heart and four valves. The description of heart is based on a four-element representation of a cardiac muscle. The reverse blood flow via valves is considered. The accuracy of the derived model was evaluated by comparing the data of numerical simulation with experimental data. The limitations of the model were discussed as well as possible applications of the model were suggested. The proposed lumped parameter model can be used to support clinicians in their decisions in treating cardiovascular disorders [1, 2].

Chamber analogy was used for constructing a cardiovascular system model. With this approach, the cardiovascular system is represented as series-connected chambers-elastic reservoirs filled with blood. The i th chamber is characterized at each time moment by blood volume $V_i(t)$ within it, pressure $P_i(t)$ in the chamber wall, inlet $q_{in}(t)$ and outlet $q_{out}(t)$ flow rate. The scheme of elastic chamber is shown in Fig. 1. According to the mass conservation law, the equation for the volume of i th chamber of vascular system can be written as follows:

$$\frac{dV_i(t)}{dt} = q_i^{in}(t) - q_i^{out}(t). \quad (1)$$

In the general case, the pressure nonlinearly depends on blood volume: transmural pressure increases with an increase of volume within a vessel, because of the flexibility of vessel's wall. To determine the pressure in the i th chamber, the following assumption is assumed: the more blood in the chamber, the more wall stretching, and correspondingly greater pressure in the chamber. This dependence is described by the equation:

$$P_i(t) = e_i \cdot (V_i(t) - U_i), e_i = \frac{1}{C_i}, \quad (2)$$

where e_i is the stiffness of i th chamber wall, U_i is the unstressed volume of i th chamber, C_i is compliance of i th chamber wall.

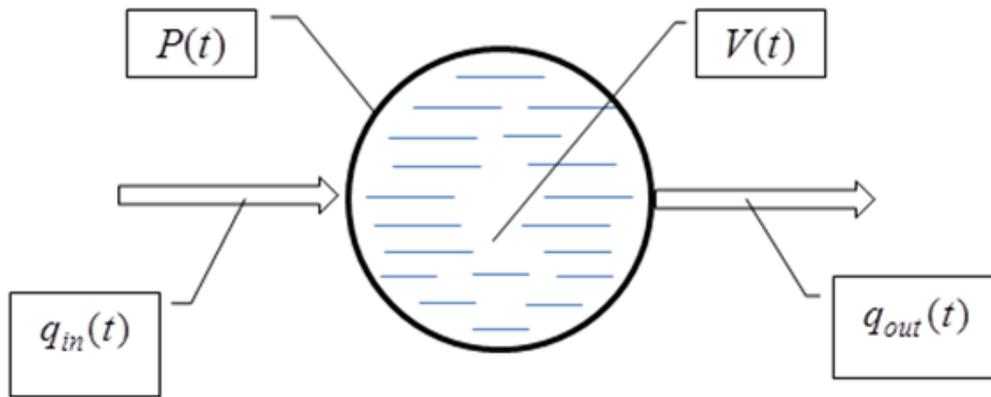


Fig. 1. Elastic chamber of the cardiovascular system model

The unstressed volume is a volume which itself does not yet stretch a chamber wall. Filling the chamber, blood at first spreads it and only then when volume becomes sufficient, stretches a chamber wall. The viscosity of the blood is not constant and depends on hematocrit the volume percentage of erythrocytes in blood. For a low level of hematocrit, the value of blood viscosity is quite close to the value of viscosity of plasma. For a high level of hematocrit, the value of blood viscosity increases exponentially. The average value of hematocrit is about 45%, which corresponds to blood viscosity of 3–5 mPas. According to this, in the present study, the blood is assumed to have a Newtonian behavior.

The blood flow rate between two connected chambers is determined by the Poiseuille law:

$$q_{in,out}(t) = \rho_{in,out}(P_{in}(t) - P_{out}(t)), \quad (3)$$

where $\rho_{in,out}$ is the conductivity of link between connected chambers. In the systolic phase, a blood is ejected from left ventricle to aorta and arterial tree with significant acceleration. Peak velocity of blood can achieve about 100 cm/s during this period. For blood flow from the left ventricle to aorta and arterial tree, Eq. (3) was modified to take into account the significant impact of inertial forces on blood dynamics:

$$\frac{dq_{in,out}(t)}{dt} = \frac{1}{L_{in,out}} \left(\Delta P_i(t) - \frac{q_{in,out}(t)}{\rho_{in,out}} \right), \quad (4)$$

where $L_{in,out}$ is the coefficient of blood inertia.

To summarize, Eqs. (1) – (4) can be used for modeling of the circulation. These equations are physiologically based and parameters can be easily determined by clinical methods.

We use chamber analogy to derive a model of pulsating heart. The heart is represented as a set of four chambers the left ventricle (LV), left atrium (LA), right ventricle (RV) and right atrium (RA). Left and right atria chambers are passive elements, because they are not involved in contractile activity of the heart. Therefore, Eqs. (1) – (3) can be used to determine their characteristics. On the other hand, the left and right ventricles play a role of active contractile chambers, which are considered as sources of pressure [3, 4].

A structure of the model is shown in Fig. 2. A vascular system is represented by the following chambers: aorta, upper and lower body arteries, upper and lower body capillaries, upper and lower body veins, pulmonary arteries, pulmonary capillaries and pulmonary veins. The heart model consists of left ventricle, right ventricle, left atrium and right atrium. Also, four valves were included in the developed model: mitral valve, aortic valve, tricuspid valve, pulmonary valve.

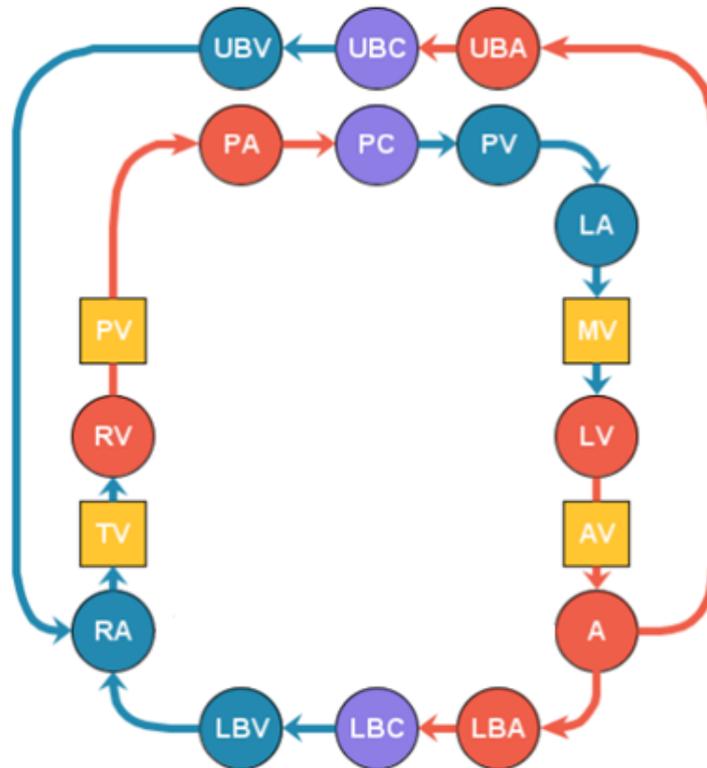


Fig. 2. 0D cardiovascular system model scheme. Systemic circulation:

A – aorta; UBA – upper body arteries; UBC – upper body capillaries; UBV – upper body veins;

LBA – lower body arteries; LBC – lower body capillaries; LBV – lower body veins.

Pulmonary circulation: PA -pulmonary arteries; PC – pulmonary capillaries; PV – pulmonary veins.

Heart: LV – left ventricle; LA – left atrium; RV – right ventricle; RA – right atrium.

Valves: AV – aortic valve; TV – tricuspid valve; PV – pulmonary valve; MV – mitral valve

A chamber of vascular system was described by Eqs. (1) – (3). For blood flow from the aorta into the systemic circulation arteries, the inertial properties of blood flow were taken into account by Eq. (4).

We were able to derive a lumped parameter model of cardiovascular system with pulsating heart which describes the main compartments of systemic and pulmonary circulation as well as heart contractile activity using physiologically based parameters. The model can be used for virtual experiments to plan the treatment and identify the factors affecting the results of operations. The simulation results are in agreement with known experimental data. Further perspectives include development of model of cardiovascular system regulation, which allows to adjust the hemodynamic parameters to meet the demands of the different organ and tissue systems.

References

1. Bokeriya L. A., Lishchuk V. A., Gazizova D. Sh. The concept of regulation of the cardiovascular system – from control of functions to coordination of capabilities 93 (part 6. The role of load on the left and right ventricles of the heart). – Clinical physiology of blood circulation. – 2015. – (1) – 19 – 30.
2. Lishchuk V. A., Gazizova D. Sh. Mathematical cardiology. Theory, clinical results, recommendations, prospects. – 2015. – 228 с.
3. Frolov S. V., Korobov A. A., Gazizova D. Sh., Potlov A. Yu. Cardiovascular model with regulation using a neural network. – Models, systems, networks in economics, technology, nature and society. – 2021. – 2. – 79 – 94.
4. Frolov S. V., Sindeev S. V., Lischouk V. A., Gazizova D. Sh., Liepsch D., Balasso A. A lumped parameter model of cardiovascular system with pulsating heart for diagnostic studies. – Journal of Mechanics in Medicine and Biology. – 2017. 1750056. 10.1142/S0219519417500567.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ОТРАЖЕННЫХ И МАЛОКРАТНО РАССЕЯННЫХ ФОТОНОВ В ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ

В. О. Черешнев, И. В. Кулешов, С. Г. Проскурин

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: vitaliy-cha1999@yandex.ru)*

Одним из наиболее перспективных и хорошо зарекомендовавших себя методов оптической диагностики биомедицинских объектов является оптическая когерентная томография (ОКТ), которая основана на регистрации отраженных фотонов низкокогерентного источника или ультракоротких импульсов.

Предельная глубина зондирования ограничена вкладом многократно рассеянных фотонов, возрастающим с ее увеличением, и сравнима с транспортной длиной пробега фотонов $l_{tr} = (\mu_a + \mu'_s)^{-1}$. Здесь $\mu'_s = \mu_s(1 - g)$ – так называемый редуцированный коэффициент рассеяния; μ_s – коэффициент рассеяния; μ_a – коэффициент поглощения; g – параметр анизотропии, равный среднему косинусу угла рассеяния. Заметим, что в биотканях обычно $\mu_a \ll \mu_s$ и, следовательно $l_{tr} \sim (\mu_s)^{-1}$. Очевидно, что при увеличении максимальной глубины когерентного зондирования при условии сохранения высокого пространственного разрешения, можно минимизировать влияние рассеяния в непрозрачных биотканях и уменьшить вклад в детектируемый сигнал фотонов с высокой кратностью рассеяния [1].

Средние значения интенсивности и дисперсии интенсивности могут быть рассчитаны для нормального распределенного шума в интерференционных сигналах, подверженных случайному шуму, соответственно:

$$\begin{aligned}\overline{\langle I_{noise} \rangle_{MAG}} &= 2\sigma^2 = \overline{I_{noise}}, \\ \langle \sigma_{I_{noise}}^2 \rangle_{MAG} &= \frac{1}{N} 4\sigma^4 = \frac{1}{N} \sigma_{I_{noise}}^2, \\ \overline{\langle I \rangle_{MAG}} &= I + 2\sigma^2 = \overline{I}, \\ \langle \sigma_I^2 \rangle_{MAG} &= \frac{1}{N} 4\sigma^2(I + \sigma^2) = \frac{1}{N} \sigma_I^2,\end{aligned}$$

где I_{MAG} – конечная интенсивность пикселя; N – количество усредняемых пикселей; I_j – интенсивность N -го пикселя; σ_I^2 – отклонение сигнала; $\sigma_{I_{noise}}^2$ – отклонение шума.

Зависимость среднего значения интенсивности для области кожи (сплошная красная линия), воздуха (синяя штрихпунктирная линия) от числа усреднений хорошо аппроксимируется логарифмической кривой ($R^2 = 0,95$), в то время как зависимость среднего значения интенсивности для области кровеносного сосуда от числа усреднений аппроксимируется линейно (рис. 1).

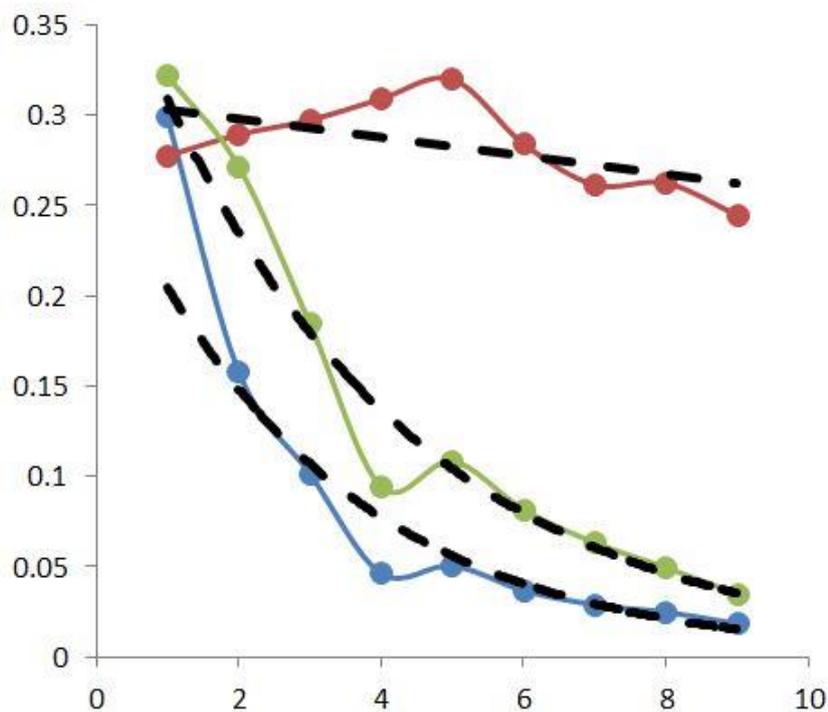


Рис. 1. График среднего значения интенсивности для области кожи (сплошная красная линия), воздуха (синяя штрихпунктирная линия) и кровеносного сосуда (зеленая пунктирная линия) от числа усреднений

Данные выражения показывают, что уровень шума, а также наблюдаемый уровень сигнала после усреднения остаются неизменными и сохраняют средние значения интенсивности, рассчитанные для отдельных точек В-скана. Однако отклонения наблюдаемого сигнала и шума, σ_I^2 и $\sigma_{I_{noise}}^2$, уменьшаются на $1/N$ и, очевидно, уменьшают стандартные отклонения σ_I и $\sigma_{I_{noise}}$ в корень квадратный из N раз [2, 3].

Библиографический список

1. Proskurin, S. G. Raster scan and averaging for speckle reduction in optical coherence tomography // Quantum Electronics, Vol. 42, No.8, p. 495-499, 2012.
2. Черешнев, В. О., Исследование отраженных и малократно рассеянных фотонов посредством построения матрицы дисперсий ОКТ изображений / В. О. Черешнев, С. Н. Абдулкарим, С. Г. Проскурин // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – № 12-1. – С. 118 – 122.
3. Построение ОКТ-изображений биологических тканей на основе анализа интенсивности пикселей / В. О. Черешнев, С. В. Фролов, А. Ю. Потлов, С. Г. Проскурин // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2019. – № 3(31). – С. 104 – 112.

ПРОБЛЕМА КВЕНЧА В МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

С. Р. Штыркова

*Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия
(e-mail: sofiashtyrkova4828@gmail.com)*

Магнитно-резонансная диагностика признана наиболее информативной среди лучевых методов исследования пациентов [1 – 6]. Точность аппаратуры напрямую связана с таким явлением, как ядерно-магнитный резонанс. При этом метод безопасен для человека – пациентов, персонала, и не требует прохождения подготовки.

Проходящие в аппарате процессы сложны. Одна из возможных проблем при работе магнитно-резонансных томографов – квенч МРТ. Под этим термином понимается внезапная утрата магнитом сверхпроводимости. Иными словами, после квенча магнитное поле в аппарате МРТ исчезает.

Для эффективной работы томографа магнит должен пребывать в сверхпроводящем состоянии. С этой целью снижают температуру до -269 °С, а в качестве охлаждающего вещества используют жидкий гелий.

Элемент гелий – единственный на земле, способный поддерживать настолько низкую температуру, находясь в сжиженном состоянии. Благодаря жидкому гелию удается поддерживать нужный уровень охлаждения магнита. Если же происходит квенч МРТ, уровень жидкого гелия снижается, достигая критической отметки, магнит нагревается, хладагент в огромных количествах выбрасывается в окружающий воздух.

Гелий – газ инертный и нетоксичный, однако при резком его выбросе есть опасность обморожения людей. Еще одна опасность заключается в том, что газ во время квенча вытекает интенсивно, мгновенно закипает, расширяется, начинает занимать весь объем помещения, вытесняя кислород. Если дверь при квенче закрыта, то она блокируется из-за огромного объема газообразного гелия. Для людей, оставшихся в кабинете, существует угроза асфиксии. Для снятия таких рисков в кабинетах, где проводится сканирование с помощью МРТ, обязательно делают технические отверстия, которые открываются наружу и служат для разгерметизации пространства.

Для предотвращения квенча, а это процесс лавинообразный и необратимый, все кабинеты с аппаратами МРТ содержатся в идеальном состоянии. Допуски туда имеют только подготовленные сотрудники и особый технический персонал. Сервисное обслуживание криогенной системы – обязательное условие эксплуатации аппаратов.

Таким образом, несмотря на безопасность и информативность магнитно-резонансной диагностики, существует ряд проблем, напрямую связанных с устройством и принципом работы томографа. Одной из таких проблем является и квенч, который ставит перед инженерами следующие задачи: сокращение количества гелия в аппарате и разработка системы оперативного мониторинга показателей помещения МРТ.

Библиографический список

1. Фролова, Т. А. Информационные модели для оценки медицинского устройства / Т. А. Фролова, М. С. Фролова // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – Вып. 4, Т. 3. – С. 123 – 128.

2. Фролова, Т. А. Information models of a medical device for its evaluation / Т. А. Фролова, М. С. Фролова, И. А. Толстухин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2015. – Т. 21, № 4. – С. 587 – 591.

3. Фролова, М. С. 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.

4. Коновалова, К. Н. Современные средства обработки информации в ядерной медицине / К. Н. Коновалова, Т. А. Фролова // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. – Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2016. – Вып. 2, Т. II. – С. 259 – 263.

5. 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.

6. Фролова, М. С. Системы поддержки принятия решений для задач оснащения лечебных учреждений медицинской техникой / М. С. Фролова, Т. А. Фролова, И. А. Толстухин // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2014. – Специальный выпуск 52. – С. 106 – 111.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

<i>А. Е. Алексеев, А. В. Рябов</i> Алгоритм расчета помехоустойчивости системы связи	3
<i>Е. А. Антонов, К. Д. Раев</i> Преимущества применения нелинейного усилителя мощности в передатчике OFDM-сигналов	4
<i>М. А. Каменская, С. В. Артемова, Ву Чи Чиен</i> Фреймовая модель оперативной оценки влажности в барабанной сушильной установке	6
<i>Ж. М. Ахмедов, А. В. Рябов</i> Способ повышения разведзащищенности системы радиосвязи на основе управления энергетическими параметрами	8
<i>С. Ю. Багрянцев, Е. Ю. Мусатова, И. В. Тюрин</i> Алгоритмическое обеспечение программной стратегии управления техническими объектами	9
<i>С. Ю. Багрянцев, Е. Ю. Мусатова, И. В. Тюрин</i> Аппаратная реализация позиционной стратегии управления	11
<i>А. А. Белкин, Л. В. Журавлева</i> Экономичное портативное средство связи	12
<i>С. С. Белоусов, П. А. Федюнин, М. А. Стафеев</i> Методика оценки функционального состояния системы связи в целях обеспечения непрерывности управления авиационным формированием	13
<i>С. С. Белоусов, П. А. Федюнин, М. А. Стафеев</i> Предложения по применению способов организации связи в целях обеспечения непрерывности управления авиационным формированием	15
<i>И. Д. Большаков, А. А. Глушко</i> Микроконтроллеры с ультранизким энергопотреблением	17
<i>С. С. Ващенко, И. В. Тюрин, Н. И. Шепелев</i> Моделирование интенсивности инсоляции с помощью геоинформационной системы SURFER	18
<i>А. В. Верченков, О. С. Данилкин, А. В. Иноземцева, Н. Г. Чернышов</i> Физическая основа и применение волоконно-оптической связи	19
<i>А. И. Власов</i> Визуальное моделирование сложных энергосистем	21
<i>П. А. Ворогушин, Н. А. Кольтюков, И. Н. Фетисов</i> Анализ энергосберегающего управления энергоемкими тепловыми аппаратами предприятий радиоэлектронного профиля	23
<i>П. А. Ворогушин</i> Параметры ребристо-стержневой антенны	24
<i>А. В. Гараев, Л. В. Журавлева, Д. Н. Максимова, И. А. Першункин, Д. Д. Чернышов</i> Образовательные технологии проектирования 3D-планировок размещения оборудования на производственных участках	26
<i>А. Н. Грибков, Н. Ю. Залукаева</i> Формализация задачи оптимального управления процессом распределения биотоплива	28
<i>М. А. Данилин, П. В. Сягодзинский</i> Анализ многостанционного доступа в авиационных воздушно-наземных радиосетях	29
<i>О. С. Дмитриев, А. А. Барсуков</i> Алгоритмическое обеспечение ИИС для исследования характеристик полимерных композитов	31

<i>А. Ю. Дмитриевцев, А. Ю. Наумова, Ю. Т. Зырянов</i> Обоснование принадлежности «ISKRATEL SI3000» к классу телекоммуникационных информационно-измерительных и управляющих систем	32
<i>Ду Хаолун</i> Проектирование модели и моделирование мемристора	34
<i>Н. В. Еловский, Л. В. Журавлева, Е. А. Лосев</i> Интерактивные проектные образовательные технологии	36
<i>В. П. Жалнин</i> Синтез энергоэффективных мемристоров с легированным резистивным слоем	38
<i>М. М. Зебрева, Ю. Т. Зырянов</i> Анализ применения микроконтроллеров для систем технического диагностирования цифровых устройств связи	39
<i>О. В. Зобов, Л. В. Журавлева</i> Энергосбережение в микроконтроллерных системах	40
<i>Д. А. Караваев, В. В. Помещиков, А. А. Тришаков, Л. С. Ожогина</i> Разработка электродинамической модели двухзеркальной офсетной антенны Ka и Ku диапазонов с использованием технологии ускоренного синтеза	42
<i>И. С. Кенчадзе, А. В. Андриященко, А. Ю. Масляев, В. П. Жалнин</i> Влияние архитектуры резистивного слоя мемристора на стабильность и долговечность параметров	43
<i>К. О. Клынкин, А. А. Глушко</i> Основные принципы проектирования энергоэффективных устройств с применением технологии Bluetooth Low Energy	44
<i>А. А. Колодина, Р. С. Сивков, И. О. Шибурина, Л. С. Ожогина</i> Постановка задачи энергосберегающего управления	46
<i>Д. В. Корпусов</i> Методы контроля микроклимата в тепловых камерах	47
<i>И. Н. Кочетов, В. В. Помещиков, А. О. Смирнов, Д. В. Заварзин</i> Особенность построения программно-определяемых радиосистем при проектировании энергоэффективных приемопередатчиков высокоскоростных широкополосных систем радиосвязи	49
<i>М. А. Кудряшов, О. А. Белоусов, В. И. Тетюхин, Р. О. Козадаев</i> Синтез антенной решетки для систем погодного и климатического контроля	50
<i>А. В. Куприянов, З. М. Селиванова</i> Цифровизация измерительного канала информационно-измерительной системы теплопроводности материалов	52
<i>К. С. Кутаев, Ф. С. Рыжов</i> Визуализированная цифровая система хранения и автоматизированной выдачи электронных компонентов на базе сервера с удаленным доступом ...	54
<i>К. С. Лещенко, Л. В. Журавлева, Д. М. Зырянов, О. В. Зобов</i> Оценка эффективности использования производственных площадей в производстве электронной техники	55
<i>И. В. Малков, А. В. Лосев, И. В. Бычков</i> Термоимпульсная обработка деталей	58
<i>И. С. Назмутдинов, А. Н. Артюшенко</i> Методика сравнительной оценки технических систем на основе использования экспертных данных	59
<i>И. С. Назмутдинов, С. И. Буробин</i> Возможности использования системы поддержки принятия решений при восстановлении неисправной техники связи и радиотехнического обеспечения	61
<i>Р. В. Нурумов, М. Д. Сергеева</i> Методы минимизации потерь электроэнергии за счет анализа потребностей	62
<i>М. С. А. А. Обианг, Э. Ш. Фразау, Ю. Т. Зырянов</i> Мультиплексор DSLAM HUAWEI MA5600 как объект технического диагностирования	63
<i>Б. Т. Ряхов, Р. А. Хворов, В. А. Безрядин</i> Оценка влияния своевременности выполнения мероприятий контроля обеспечения безопасности процессов информационного обмена на их эффективность	64
<i>К. С. Сайфуллозода</i> Особенности процесса модернизации оборудования антенны сотовых связей	66

<i>К. В. Селиванов, Н. Э. Василенко</i> Применение технологии цифрового двойника в системах мониторинга литий-ионных аккумуляторов	68
<i>А. С. Семенов, А. Д. Вандюков, В. П. Жалнин</i> Водяное охлаждение в микросхемах	69
<i>Н. А. Сергеева</i> Управление качеством сложных энергосистем	71
<i>Р. С. Сивков, А. А. Колодина, И. О. Шибирина, Н. Г. Чернышов</i> Энергоэффективность как ресурс для повышения конкурентоспособности производства (на примере ПАО «Ростелеком»)	73
<i>К. В. Скоморохов, З. М. Селиванова, Е. И. Боровкова</i> Контроль теплопроводности строительных материалов с учетом их влажности при решении проблем энерго-сбережения	76
<i>А. О. Смирнов, И. Н. Кочетов, В. В. Помещиков, Н. В. Заходякин, А. А. Тришаков</i> Применение методов ускоренного синтеза при разработке многолучевых антенных решеток в среде MATLAB	78
<i>М. А. Стафеев</i> Способы повышения управляемости систем связи и радиотехнического обеспечения авиационных формирований	80
<i>В. И. Тетюхин, О. А. Белоусов, Л. С. Ожогина, Р. О. Козадаев</i> Синтез феноменологической модели ребристо-стержневого излучателя для сетей пятого поколения	81
<i>А. А. Тришаков, А. О. Смирнов, Д. А. Караваев, И. Н. Кочетов, Р. Д. Карих</i> Применение ультраширокополосных излучателей в системах радиосвязи шестого поколения ...	83
<i>Э. Ш. Фразау, М. С. А. А. Обианг, Ю. Т. Зырянов</i> Плата СМФ как объект технического диагностирования	84
<i>Т. И. Чернышова, Р. Ю. Курносков</i> Оценка метрологической надежности процессорных измерительных средств	86
<i>Н. И. Шепелев, И. В. Тюрин, С. С. Ващенко, Р. О. Козадаев</i> Преимущества и недостатки применения плис при реализации цифровых автоматов	88
<i>И. О. Шибирина, Р. С. Сивков, А. А. Колодина, Н. Г. Чернышов</i> Алгоритм процесса диагностики промышленных многопараметрических объектов	90
<i>М. Н. Юлдашев, В. А. Шахнов</i> Энергоэффективная классификация состояний технической системы при использовании локального принятия решений	91
<i>Е. Е. Ящукья, В. В. Леонидов</i> Энергосбережение в компонентах «Интернета вещей»	93

Секция 2

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ И ТЕПЛОТЕХНИКИ

<i>М. А. Бавыкин, В. Я. Губарев</i> Разработка эжектора для подачи дутья	95
<i>С. А. Воеводкин, А. А. Дурнов, А. А. Балашов</i> Моделирование процесса свободной конвекции для определения коэффициента теплоотдачи горизонтальной трубы	97
<i>А. С. Демьяненко, А. Г. Ивануткин, М. В. Уткявичюс</i> Актуальные проблемы технического обеспечения радиотехнических систем дальней навигации	98
<i>А. А. Дурнов, С. А. Воеводкин, А. А. Балашов</i> Моделирование процесса теплопроводности для определения теплофизических свойств твердых тел	99
<i>В. В. Еремин, С. Н. Баршутин</i> Исследование времени жизни ионизированного состояния атомов в пламени	101
<i>В. В. Еремин, С. Н. Баршутин</i> Физико-математическая модель процесса ионизации пламени в импульсном электрическом поле	102

<i>М. А. С. Махмуд, Ю. В. Родионов, Д. В. Никитин</i> Перспективы повышения энерго- сбережения жидкостнокольцевых вакуум-насосов и компрессоров при их использо- вании в конвективной сушке различных материалов	104
<i>Э. А. Мешкова, С. Н. Баршутин, М. С. Мещерякова</i> Модель взаимодействия положи- тельных ионов пламени с нейтральной компонентой	105
<i>А. И. Огурцова, В. А. Стерлигов</i> Исследование распределения температурного поля трубопроводов	107
<i>В. Е. Папин, В. Я. Губарев</i> Исследование режимов работы эжектора смещения потоков доменного дутья	109
<i>Е. А. Пищуха, Э. К. Бучилко, Ю. С. Теплицкий, А. А. Халатов, С. Г. Кобзарь</i> Некоторые особенности формирования концентрационных полей в циклонно-слоевой топке при сжигании твердых биотоплив	111
<i>А. А. Слюсарь</i> Экспериментальное определение коэффициентов теплопередачи отопи- тельных приборов	113
<i>Е. К. Чеканова, Т. Г. Мануковская</i> Исследование теплоизоляционного материала ограждающих конструкций зданий с целью снижения тепловых потерь	115
<i>Р. Ю. Чубаров, М. Д. Злобин, О. Н. Попов</i> Оценка эффективности применения газо- турбинной установки НК-16СТ в системе энергоснабжения	117

Секция 3

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

<i>А. А. Балабин, А. А. Лансберг</i> Основные требования, предъявляемые к системам накопления электрической энергии, внедряемым в распределительные электрические сети 0,4 кВ	119
<i>Ю. А. Козлова</i> Прогнозирование энергосберегающих свойств SIP- панелей	121
<i>Н. В. Коренков</i> Цифровая трансформация энергосистемы	122
<i>С. В. Кузьмина, С. С. Макаров, В. П. Жалнин</i> Методы экономии и нормирования потребления энергетических ресурсов в электроэнергетике	124
<i>Н. В. Кузьмина, И. И. Савенков, В. П. Жалнин</i> Анализ эффективности энергосбереже- ния в электроэнергетике России	125
<i>А. Н. Кустов, В. И. Зацепина</i> Тенденции развития способов обнаружения однофазных коротких замыканий в 6, 10, 35 кВ	127
<i>Б. В. Артемьев, К. В. Селиванов, Ф. С. Рыжов</i> Мониторинг аккумуляторных батарей, используемых в электроэнергетических комплексах на базе возобновляемых источни- ков энергии	129
<i>М. А. Каменская, Т. И. Чернышова, С. В. Артемова</i> Информационно-аналитическая система оценки метрологической надежности электронных средств измерений	130

Секция 4

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ В ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

<i>В. С. Аустов, М. В. Алексеев, В. В. Маслина</i> Исследование работы системы фильтров с переключением по невязке и медианным сглаживанием	132
<i>М. В. Алексеев, В. С. Аустов, В. В. Маслина, С. Н. Данилов</i> Исследование работы системы фильтров с переключением по невязке и сглаживанием по Баттерворту	134

<i>Р. А. Баранов, А. М. Васильченко, К. Ю. Ненашев</i> Особенности летных проверок средств радиотехнического обеспечения полетов на аэродромах государственной авиации	137
<i>О. В. Гафуров, Р. Б. Хамрокулов, С. Н. Данилов, У. Р. Наимов</i> Воздействие ионизирующего излучения на слоистую структуру монокристалла кремния на пьезоэлектрической подложке	138
<i>С. Н. Данилов, У. Р. Наимов</i> Оценка координат цели на основе данных о пространственной ориентации	139
<i>Д. О. Жалнин, В. В. Терехов</i> Разработка алгоритма функционирования дальномерного канала с адаптивной фильтрацией	141
<i>Н. В. Земцова, А. В. Кобелев, А. В. Щегольков</i> Нагреватели с саморегулированием температуры на основе наномодифицированных эластомеров для тепловентиляционных систем	142
<i>Н. В. Земцова, В. А. Кобелева</i> Аспекты применения саморегулирующихся нагревателей для энергоэффективных тепловентиляционных систем	144
<i>А. А. Иванков</i> Радиолокационная система слежения с адаптивно-вероятностной привязкой траекторий целей	145
<i>А. А. Иванов, С. Н. Данилов</i> Анализ влияния аномальных измерений в спутниковых радионавигационных системах на точность измерения координат	147
<i>А. И. Казьмин, Д. П. Федюнин, П. А. Федюнин</i> Способ определения электрофизических параметров анизотропных диэлектрических и магнитодиэлектрических материалов и покрытий	149
<i>А. И. Казьмин</i> Методологические принципы определения электрофизических параметров материалов и покрытий со сложной внутренней структурой с помощью поверхностных электромагнитных волн	150
<i>Е. В. Карелина, Н. Ю. Субботина, А. Н. Поляков</i> Метод контроля толщины слоев биметалла	152
<i>А. С. Кожевников, А. Е. Медведев, А. В. Мордовин, В. В. Попов, С. Н. Данилов</i> Умный город: позиционирование транспортного средства на основе сети меток-транспондеров	153
<i>В. В. Попов, А. В. Мордовин, А. С. Кожевников</i> Анализ технологии и применения радиолокационных датчиков автомобильных систем	154
<i>В. В. Маслина, В. С. Аистов, М. В. Алексеев</i> Сравнение использования фильтра Баттерворта и медианного фильтра в системе фильтров с управлением по невязке	156
<i>Д. Д. Мельникова, А. С. Писарчук, С. П. Москвитин</i> Системы беспроводного удаленного мониторинга показаний приборов учета	158
<i>У. Р. Наимов, С. Н. Данилов, А. П. Пудовкин</i> Алгоритм оценки нормального ускорения радиолокационной цели	160
<i>А. С. Писарчук, Д. Д. Мельникова, С. П. Москвитин</i> Самоорганизующиеся сети в технических системах	161
<i>С. П. Сковородкин, Р. А. Баранов</i> Основные силы и средства вскрытия радиоэлектронных средств	163
<i>Н. Ю. Субботина, Е. В. Карелина, А. Н. Поляков</i> Комплексный метод контроля качества многослойных ленточных материалов	164
<i>А. И. Сустин, А. П. Пудовкин</i> Оценка дальности до воздушного судна информационно-измерительной системой управления воздушным движением с использованием третичной обработки информации методами весовой обработки радиолокационной информации	165

<i>В. В. Терехов, Д. О. Жалнин, Ю. Н. Панасюк</i> Разработка алгоритма функционирования угломерного канала с адаптивной фильтрацией	167
<i>А. П. Удалова</i> Информационно-измерительная система, реализующая неразрушающий контроль теплофизических характеристик материалов и изделий	168
<i>А. П. Удалова, А. В. Чернышов, В. Н. Чернышов</i> Метрологический анализ метода неразрушающего контроля теплофизических характеристик материалов и изделий	170

Секция 5

ЭФФЕКТИВНЫЕ BIOTEХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

<i>А. Р. Аветисян, Я. И. Шнякина, В. В. Дубровин</i> Выделение признаков ЭКГ с использованием комплексного вейвлета	172
<i>А. А. Азимуратова</i> разработка интернет-магазина гемодиализных аппаратов	174
<i>Н. В. Венцорова, Т. М. Тымчук</i> Анализ моделирования прохождения оптического и акустического излучения внутри биологической ткани	175
<i>Т. К. Гончарова, И. А. Попов, Е. Н. Родина</i> Исследование эффективности обнаружения кровеносных сосудов тепловизионной системой	177
<i>Г. П. Ильин, Я. И. Шнякина, А. Р. Аветисян, С. В. Проскуряков</i> Проблема минимизации гелия в аппарате МРТ	179
<i>О. А. Касулина</i> Современные тенденции инкубаторов для новорожденных	180
<i>В. В. Крапивина, Т. А. Фролова</i> Современное состояние и перспективы развития аппаратной косметологии	182
<i>В. О. Лычагина, Т. А. Фролова</i> 3D-диагностика – проводник в мир цифровой аппаратной косметологии	184
<i>И. А. Попов, Т. К. Гончарова, Е. Н. Родина</i> Устройство диагностики воспалительных заболеваний костей и суставов на основе тепловизионной системы с видеоконтролем	185
<i>Е. Н. Родина, Т. К. Гончарова, И. А. Попов</i> Повышение эффективности оказания медицинской помощи за счет применения беспилотного медицинского комплекса	187
<i>А. Самман, В. А. Шахнов, С. Зеитун</i> Разработка мобильной платформы для реабилитации с использованием технологии биологической обратной связи (БОС)	188
<i>А. Д. Тесленко, А. П. Филимонова</i> Разработка интернет-магазина инкубаторов для новорожденных	190
<i>Т. М. Тымчук, В. Н. Венцорова</i> Контроль технического состояния УЗИ-сканера с режимом доплеровского картирования	192
<i>А. П. Филимонова, А. Д. Тесленко</i> Анализ критериев выбора гематологических анализаторов	193
<i>S. V. Frolov, D. Liepsch, D. Sh. Gazizova, A. A. Korobov</i> Basic zero-dimensional model of the cardiovascular system with a pulsating heart	195
<i>В. О. Черешнев, И. В. Кулешов, С. Г. Проскурин</i> Повышение эффективности моделирования влияния отраженных и малократно рассеянных фотонов в оптической когерентной томографии	198
<i>С. Р. Штыркова</i> Проблема квенча в магнитно-резонансной томографии	200

Научное электронное издание

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Материалы VIII Международной научно-технической конференции
студентов, молодых ученых и специалистов
16–17 ноября 2021 г.

Редактирование Е. С. Мордасовой
Инженер по компьютерному макетированию Т. Ю. Зотова

ISBN 978-5-8265-2441-1



Подписано к использованию 20.12.2021.
Тираж 100 шт. Заказ № 163

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14.
Телефон (4752) 63-81-08.
E-mail: izdatelstvo@tstu.ru